

Paris 1971

FACULTE DE MEDECINE PITIE-SALPETRIERE

Année 1971

N°

THESE

pour le

DOCTORAT EN MEDECINE

(Diplôme d'Etat)

par

BENIT Christian

Interne des Hôpitaux de Paris;

Né le 18 Août 1938 à MEKNES - Maroc

Corrélations entre Electrocardiogramme

d'Effort et Coronarographie.

A propos de 51 observations.

Président : M. le Professeur J. FAQUET

Année 1971

N°

—
T H E S E

pour le

DOCTORAT EN MEDECINE

(Diplôme d'Etat)

par

BENIT Christan

Interne des Hôpitaux de Paris

Né le 18 Août 1938 à MEKNES - Maroc

Corrélations entre Electrocardiogramme

d'Effort et coronarographie.

A propos de 51 observations

Président : M. le Professeur J. FACQUET



A mes parents

A ma femme

A nos amis

A mon Maître et Président de Thèse

Monsieur le Professeur J.FACQUET

En remerciement de ce que j'ai
appris dans son service.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543716_0017

A mes Maîtres dans les Hôpitaux de Paris :

Externat

Monsieur le Professeur HOUDART

Monsieur le Professeur BOUSSER

Monsieur le Docteur ANTONELLI

Monsieur le Professeur BOUVIER

Monsieur le Professeur ETIENNE-BERNARD

Monsieur le Professeur MARCHAL

Monsieur le Professeur BOUR

Internat

Monsieur le Professeur BARIETY

Monsieur le Docteur BOLGERT

Monsieur le Professeur BOUVIER

Monsieur le Docteur SCHWOB

Monsieur le Professeur Gilbert DREYFUS

Monsieur le Professeur MATHIVAT

Monsieur le Professeur FACQUET

A Monsieur le Professeur Y. GROSGOGEAT.

En témoignage de ma reconnaissance
pour l'enseignement qu'il m'a donné.

A J. VACHON, Chef de clinique assistant des Hôpitaux
en remerciement pour ses conseils
et sa gentillesse

P L A N

=====

I Introduction

II Methodologie

A) Matériel d'étude

B) Les E C G d'effort

a) technique

b) critères de positivité

C) Les coronarographies

a) technique

b) établissement des résultats :

1) sténoses

2) circulation collatérale

3) coronaires grêles

III Résultats

A) Résultats globaux

a) des coronarographies

b) des tests d'effort

c) Premier essai de corrélation globale :

1) dans le groupe des coronaires normales ou grêles

2) dans le groupe des coronaires sténosées

B) Etude et corrélations détaillées :

a) dans le groupe des lésions coronaires supérieures à 50%

1) caractères généraux

- des sténoses monotronculaires

- des sténoses bitronculaires
- des sténoses tritronculaires

2) corrélations entre diffusion des lésions et

- éléments cliniques
- réserve coronaire
- amplitude des signes électriques
- nombre de dérivations positives
- topographie des signes électriques
- circulation collatérale

b) dans le groupe des lésions coronaires
inférieures à 50%

c) dans le groupe des coronaires normales
ou grêles

- caractéristiques cliniques
- Les tests paradoxalement positifs
 - . liés à l'insuffisance coronaire
fonctionnelle
 - . sans explication

IV Discussion

- A) de la coronarographie
- B) de l'E C G d'effort
- C) de leurs corrélations

V Conclusions

Bibliographie

I N T R O D U C T I O N

= =====

Apprécier l'état de la circulation des coronaires rien n'est plus quotidien, et rien pourtant n'est plus difficile.

Pour précieuses et irremplaçables que soient les données de l'examen clinique et de l'électrocardiographie usuelle, quel clinicien le plus averti, muni des signes électriques - ou de leur absence - les plus péremptoires, ne sait combien est souvent malaisée l'appréciation juste de la gravité, du pronostic, et désormais du traitement de l'insuffisance coronarienne.

Dans cette recherche, viennent en renfort, entre autres, deux techniques.

La première, la coronarographie, tient le devant de la scène.

La seconde, l'électrocardiographie d'effort, paraît n'être qu'un modeste auxiliaire.

La coronarographie montre des lésions. L'esprit s'en satisfait, hormis le cas où la réalité de la maladie vient démentir l'assurance d'images qui ne rendent compte que des gros vaisseaux coronaires, ou plutôt de leur lumière, ignorant le plus souvent les lésions de leurs parois, toujours les lésions artériolaires, à fortiori les troubles de niveau cellulaire.

L'électrocardiogramme d'effort, comme parfois les auxiliaires discrets, peut être plus important qu'il n'y paraît. Il donne, de la fonction coronarienne un état non plus statique et instantané, mais dynamique et évolutif.

Surtout, dans la mise en évidence qu'il permet de l'anoxie myocardique à l'effort, il ne se limite pas à la cause prépondérante, mais non exclusive : L'obstruction des gros troncs coronaires.

En présentant comparativement les résultats de ces deux techniques, recueillis dans une cinquantaine d'observations, nous nous sommes proposés :

1) - de vérifier leur concordance et de confirmer par là même leur validité.

2) d'approfondir et de préciser leurs corrélations.

3) - de tirer parti si possible de leurs discordances éventuelles, qui, même rares, et l'on pourrait dire : parce que rares, ne sont sans doute pas sans signification.

4) - De déterminer enfin si les renseignements qu'elles apportent respectivement sont simplement concordants, ou complémentaires.

M E T H O D O L O G I E

=====

A) Matériel d'Etude

Nous avons disposé, pour réaliser cette étude, de 51 observations.

Il y avait :

1) 38 hommes dont l'âge moyen est de 42 ans.

2) 13 femmes dont l'âge moyen est de 45 ans.

Ces observations, sur le plan clinique, se répartissent en 7 groupes (Fig.1)

1) groupe des maladies angineuses avérées.

L'angor n'a été accepté comme diagnostic préalable que sur des caractères cliniques typiques.

Dans chaque cas, on a précisé :

- l'ancienneté de la maladie angineuse
- le caractère d'effort et ou spontané de la douleur.
- la fréquence des crises le mois précédant l'examen, en établissant 4 classes :

Classe 1 : angor sporadique - moins d'une crise par mois.

Classe 2 : une crise au moins par semaine.

Classe 3 : une crise au moins par jour.

Classe 4 : plus d'une crise par jour.

Les Infarctus myocardiques n'ont été acceptés comme tels que sur l'existence de signes électriques de nécrose attestés par les E C G antérieurs.

Dans chaque cas on a noté :

- le siège de l'infarctus (ou des infarctus)
- sa place dans la maladie coronarienne, en précisant

Fig. I

	HOMMES		FEMMES		TOTAL
	Nombre	Age moyen	Nombre	Age moyen	
Angor	6	44 ans	4	52 ans	10
Maladies angineuses avérées					
Infarctus	8	45 ans	2	45 ans	10
Douleurs a-typiques et anomalies ECG	5	32 ans	3	45 ans	8
Douleurs a-typiques et facteurs de risque	5	42 ans	1	60 ans	6
Anomalies ECG isolées	4	42 ans	1	29 ans	5
Valvulopathies aortiques	4	46 ans	2	47 ans	6
Cardiomyopathies obstructives	3	41 ans	0		3
Insuffisances cardiaques primitives	3	47 ans	0		3

Répartition étiologiques selon les données cliniques et anamnestiques.

son caractère inaugural ou non, l'existence ou non de douleurs angineuses à sa suite.

L'ensemble de ces caractéristiques concernant les coronariens avérés, est présenté dans la figure II. On peut voir qu'en ce qui concerne l'ancienneté des manifestations cliniques, leur mode d'expression et leur sévérité, cette population est relativement homogène. Cette homogénéité est sans doute le reflet de l'indication, commune à ces observations, de la coronarographie : l'arrière-pensée d'un traitement chirurgical.

2 et 3) Les deuxième et troisième groupes rassemblent les douleurs atypiques suspectes d'angor

- soit par leur association à des anomalies électriques évoquant l'insuffisance coronarienne sur des ECG de repos antérieurs
- soit par leur association à un facteur de risque particulier : dyslipémie majeure ou diabète.

4) Le quatrième groupe est celui d'anomalies électrocardiographiques au repos, isolées, mais particulièrement évocatrices d'insuffisance coronarienne.

5 et 6) Le cinquième groupe des valvulopathies aortiques et le sixième, des cardiomyopathies obstructives, prennent place ici en raison de l'angor fréquemment associé, dont il fallait démontrer le caractère fonctionnel, ou la nature organique par atteinte coronarienne surajoutée.

7) Le groupe des insuffisances cardiaques primitives

Fig.II - Caractéristiques cliniques des coronariens avérés

SEXE		AGE	A N G O R				I N F A R C T U S			
			Ancien- neté	Effort	Sponta- ne	Fré- quence	Nombre	Locali- sations	Douleurs	
									Avant	Après
I	F	42	6 mois	+	0	3	0			
2	F	57	9 ans	+	+	2	0			
3	H	40	15 ans	+	+	3	I	Postéri- eur	+	+
4	H	41	17 mois	+	+	3	I	Antéri- eur	+	+
5	H	32	I an	+	0	3	I	Antéri- eur	+	0
6	H	38	4 ans	+	+	4	I	Latéral	+	+
7	F	37	II ans	+	+	3	2	Post.et ant.sep.	+	+
8	H	52	2 ans	+	+	4	I	Posté- rieur	0	+
9	H	34	4 ans	+	+	3	0			
10	H	38	3 ans	+	+	3	0			
11	H	46	2 ans	+	+	2	0			
12	H	37	2 ans	+	+	2	I	Posté- rieur	+	0
13	H	58	10 ans	+	0	3	2	Post. et Ant.Sep.	+	+
14	H	45	10 mois	+	0	4	I	Posté- rieur	+	+
15	H	63	7 ans	+	+	4	0			
16	F	54	2 ans	+	+	3	I	Posté- rieur	+	+
17	H	48	14 ans	+	0	4				
18	H	37	I mois	+	0	3				
19	F	68	5 mois	+	+	3				
20	F	43	8 mois	+	0	I				

a eu coronarographie et épreuve d'effort, pour éliminer une atteinte coronarienne qui n'aurait pas eu de traduction clinique, ou électrique sur l'ECG de repos.

B) L'électrocardiogramme d'effort.

Dans les 51 cas, il a été réalisé dans les mêmes conditions, et par le même opérateur ⁽¹⁾.

a) Technique.

Il s'agit d'ECG d'effort fait sur bicyclette ergométrique "Monark", en position assise, avec enregistrement dynamique, c'est-à-dire continu, radio-transmis.

1) Immédiatement avant l'effort sont faits :

- un ECG de repos
- un enregistrement d'une dérivation bipolaire, dite CM ₅ (une électrode est au manubrium, la seconde en V ₅) qui sera la seule dérivation utilisée pendant l'exercice même.

Ces tracés préalables permettront de tenir cas, dans l'étude des tracés d'effort :

- des modifications posturales
- des anomalies de repos antérieures, à retrancher éventuellement des anomalies observées lors de l'exercice.

(1) Nous remercions le Dr Petitot, qui a réalisé tous ces tests d'effort, et dont l'aide nous a été précieuse pour l'interprétation des résultats.

2) L'effort demandé pendant 6 minutes est :

- pour les hommes de 600 Kgm/minute
- pour les femmes de 450 Kgm/minute

Mais insistons sur le fait qu'il s'agit-là d'un programme d'effort de principe, de départ, adaptable à chaque cas, l'exercice pouvant être interrompu à tout moment :

- sur des critères cliniques : douleurs angineuses
élévation trop importante de la TA diastolique
- sur des données électriques - grace à l'enregistrement continu -
anomalies franches et significatives d'insuffisance coronarienne.
Extrasystoles ventriculaires, en salves ou polymorphes.

3) Durant l'effort, le tracé en CM₅ est suivi sur scope et enregistré toutes les 30 secondes.

La fréquence cardiaque maxima est notée pour appréciation de la réserve coronarienne mise en jeu.

4) Après l'effort, immédiatement, un enregistrement est réalisé, en position couché, des 12 dérivations usuelles, mais en commençant par les précordiales, en raison des plus grandes fréquences de positivité qui leur sont reconnues.

Ces 12 dérivations sont à nouveau enregistrées 5 minutes, puis 20 minutes après l'effort.

Signalons qu'on ne trouve dans aucun cas, les jours précédents les épreuves d'effort:

- d'insuffisance cardiaque
- de dyskaliemie
- d'anémie importante
- de prise de digitaliques ou de diurétiques, tous facteurs susceptibles de fausser les résultats.

Enfin, qu'il nous soit permis de dire encore que moyennant les précautions ci-dessus exposées, aucun accident, ni même incident sérieux n'est survenu au cours, ou au décours de cet examen.

b) Critères de positivité.

Ont été retenus, comme significatifs et permettant d'affirmer la positivité du test :

- 1) le sous-décalage ischémique du segment ST égal ou supérieur à 1mm, qu'il soit horizontal, ou descendant, en faux, et mesuré alors à sa partie moyenne, critère admis par la majorité des auteurs.
- 2) Le sus décalage du segment ST, égal ou supérieur à 1mm.
- 3) La survenue des troubles de la conduction à type de bloc de branche gauche, disparaissant au repos.
- 4) La survenue à l'effort d'extrasystoles ventriculaires polymorphes ou en salves.
- 5) enfin l'abaissement du point J plus grand que 2mm, et accompagné d'un rapport $\frac{QX}{QT}$ supérieur à 0,50. (QX étant défini comme la distance séparant Q, du point d'intersection du segment ST ascendant et de la ligne isoélectrique.)

L'abaissement du point J a été retenu comme critère de positivité, dans la mesure où il précède souvent le sous-décalage ischémique de ST, et peut donc être précieux dans les tests incomplets, en lui accordant cependant une confiance moindre qu'aux autres signes.

Dans aucun des cas étudiés ici n'ont été retrouvés d'autres critères de positivité parfois décrits, tels :

- des modifications d'axe
- une diminution d'amplitude des ondes R avec image en miroir dans les dérivations opposées
- une inversion de l'onde U.

c) La coronarographie

1) Technique.

Dans les 51 observations, elle a été pratiquée par une même équipe, selon une même technique (Ecoiffier) inspirée des travaux scandinaves (Nordenstrom).

- sous anesthésie générale avec intubation
- paraaortographie globale à l'aide d'une sonde introduite dans une artère fémorale et montée jusqu'à 6cm environ du plancher sigmoïdien
- sous hyperpression bronchique de 4 secondes entraînant une chute du débit cardiaque et permettant par là de réduire la dilution du produit de contraste.
- Les clichés sont pris en oblique antérieure gauche à 60°.

2) Résultats.

Appréciation et classification des lésions de sténose.

Nous n'avons retenu les lésions de sténose qu'au niveau des quatre troncs principaux :

- coronaire droite
- coronaire gauche
- interventriculaire antérieure
- circonflexe.

L'évaluation des sténoses s'est faite en pourcentage de la lumière des vaisseaux considérés, et nous avons ainsi établi cinq classes :

- classe 0 : absence de sténose visible sur l'artère considérée.
- classe 1 : sténose inférieure à 50%
- classe 2 : sténose de 50 à 90%
- classe 3 : sténose sub-totale
- classe 4 : sténose totale.

Pour chaque coronarographie, nous avons retenu :

- a) la sténose la plus importante sur un tronc artériel, affectée de son coefficient de 1 à 4.
- b) la possibilité, pour la coronaire droite, de sténoses multiples sur le trajet artériel partagé en trois tronçons de niveau arbitraire (Proximal, moyen, distal)
- c) la diffusion sur les quatre troncs coronaires, par l'établissement d'un index de sténose - somme des coefficients - capable de prêter à une étude corrélative globale.

Circulation collatérale

Elle a été notée lorsqu'elle apparaissait de façon peu discutable, c'est-à-dire, en pratique, lorsqu'elle assurait en aval d'une sténose supérieure à 50 %, la revascularisation, soigneusement distinguée d'une injection tardive, antérograde.

Cette circulation collatérale a été classée en :

circulation homolatérale

Droite

ou gauche

circulation hétérolatérale

Droite

ou gauche.

Coronaires grêles.

Une catégorie particulière a été individualisée sur certaines coronarographies, celle des coronaires grêles, qui sur aucun point de leur trajet, ne présentent de sténoses.

Pour éliminer de faux aspects de coronaires grêles, en rapport avec des facteurs techniques radiologiques variables - l'incidence, par exemple, ou la distance film-ampoule - on a, pour chaque coronarographie :

1) mesuré le diamètre :

- de l'aorte au niveau du bord supérieur du sinus
de valsalva

Et au niveau de la partie la plus large de leur premier centimètre

- de la coronaire droite

- de la coronaire gauche
- de l'interventriculaire antérieure

2) mesuré le diamètre de la sonde d'injection (dont le type a été identique pour les 51 coronarographies) au niveau de l'aorte descendante.

Une valeur moyenne de 3mm a été ainsi établie

- 3) normalisé à cette valeur moyenne du diamètre de la sonde, sur les clichés où elle était différente, les mesures de chacun des trois troncs coronariens
- 4) obtenu de cette façon, pour chacun d'eux, un diamètre moyen, et éliminé de cette façon, et dans la mesure du possible, les variations dues aux facteurs techniques radiologiques.

Ainsi n'ont été retenus comme grêles que les troncs coronariens inférieurs à deux fois l'écart-type de ces diamètres moyens.

Ainsi peut-on, croyons nous, accorder une certaine valeur à l'aspect grêle des coronaires, notion paraissant de prime-abord un peu subjective.

Cet aspect a été retrouvé :

- Soit localisé au réseau gauche
- Soit au réseau droit
- ou global, droit et gauche

Insistons encore sur le fait que sont exclus de ce cadre les coronarographies où il existe une sténose.

R E S U L T A T S

=====

Résultats globaux

Nous envisagerions successivement les résultats globaux de l'étude

- des coronarographies
- des ECG d'effort
- avant de faire un premier essai de correlations globales

I Les coronarographies

1) Types de circulation : Droit - gauche - ou "balancé"

Nous avons relevé, dans ce lot de 51 arteriographies coronariennes :

- 47 fois une circulation de type droit, c'est à dire telle que la circonflexe est courte, et que interventriculaire postérieure et retroventriculaire gauche naissent de la coronaire droite

Soit donc, 92% des cas.

Rappelons que ce mode de distribution des coronaires est de loin le plus fréquent

- Il y avait 4 fois une circulation de type gauche : circonflexe longue donnant l'interventriculaire postérieure

- Il n'y avait aucune circulation de type "balancé".

2) Coronarographies normales, grêles, et sténosées.

Il y avait :

- 18 coronarographies normales
- 5 coronarographies, montrant, selon les critères plus haut définis, des artères grêles :
 - du réseau droit, 2 fois
 - du réseau gauche, 2 fois
 - des deux réseaux, 1 fois
- 23 coronarographies montrant une ou plusieurs sténoses supérieures à 50%
- 5 coronarographies enfin montrant une ou plusieurs sténoses inférieures à 50%

Le tableau III indique le nombre de sténoses relevées dans ces deux derniers groupes, et leur répartition :

- selon leur type : totales, sub-totales, de 50 à 90%, inférieures à 50%
- selon leur localisation au niveau des quatre principaux troncs coronariens.

On voit :

- le nombre important d'obstructions supérieures à 50% (45, contre 25 sténoses inférieures à 50%), et dans ce nombre, la répartition égale des occlusions totales ou subtotaies, et des occlusions de 50 à 90% (respectivement 23 et 22)
- la plus grande fréquence de l'atteinte, et pour tous les types de sténoses, de la coronaire droite et de l'interventriculaire antérieure (respectivement 24 et 21) avec grande prédominance de lésions supérieures à 50%.

Fig. III

Degré de sténose	Coron.D ^{te}	Coron.G ^e	IVA	CIRC	TOTAL
Totales	7	0	5	2	14
Subtotales	4	0	4	1	9
de 50 à 90 %	6	2	7	7	22
Total	17	2	16	10	45
Moins de 50 %	7	5	5	8	25

Total	24	7	21	18
-------	----	---	----	----

Répartition globale des lésions de sténose au niveau des 4 principaux troncs coronariens (28 coronarographies ; en cas de sténose multiple sur un vaisseau, seule la plus importante est retenue.)

- la fréquence moindre des sténoses de la circonflexe (18) pour laquelle on ne retrouve plus de nette prédominance des lésions supérieures à 50%
- la rareté de l'atteinte de la coronaire gauche, jamais totale ou subtotale, et où prédominent les lésions inférieures à 50%

II Les Electrocaediogrammes d'Effort.

Tests négatifs.

Sur 51 tests d'effort, 19 sont négatifs. Dans ce groupe la plupart sont complets selon les critères précédemment définis (effort pendant six minutes de 600 Kg¹m/m pour les hommes, 450 Kg¹m/m pour les femmes.)

L'accélération cardiaque moyenne obtenue est de 150; ce qui constitue une mise en jeu satisfaisante de la réserve coronarienne.

Cependant, trois d'entre eux sont incomplets par interruption prématurée pour des raisons non coronariennes (articulaires ou musculaires). Mais la fréquence cardiaque maxima obtenue dans les trois cas - 140, 125 et 150 - nous paraît suffisante pour qu'on puisse leur accorder une certaine valeur.

Enfin, il existait, dans 11 de ces 19 cas à test négatif, des présomptions d'atteinte coronarienne, sur les signes d'ECG de repos antérieurs, et qui ne furent donc pas confirmées à l'effort.

Tests positifs

32 tests sont positifs, dont 15 pour un effort incomplet.

Soulignons qu'ici, le caractère incomplet du test ne permet pas de mettre en cause sa valeur, bien au contraire, puisqu'il signifie l'apparition en cours d'effort de signes patents et importants de souffrance coronarienne.

17 fois, il y avait sur les ECG de repos antérieurs des signes suggestifs d'atteinte des coronaires. 15 fois donc (soit pour 46 % des cas de ce groupe) l'ECG d'effort est positif là où l'ECG de base est muet.

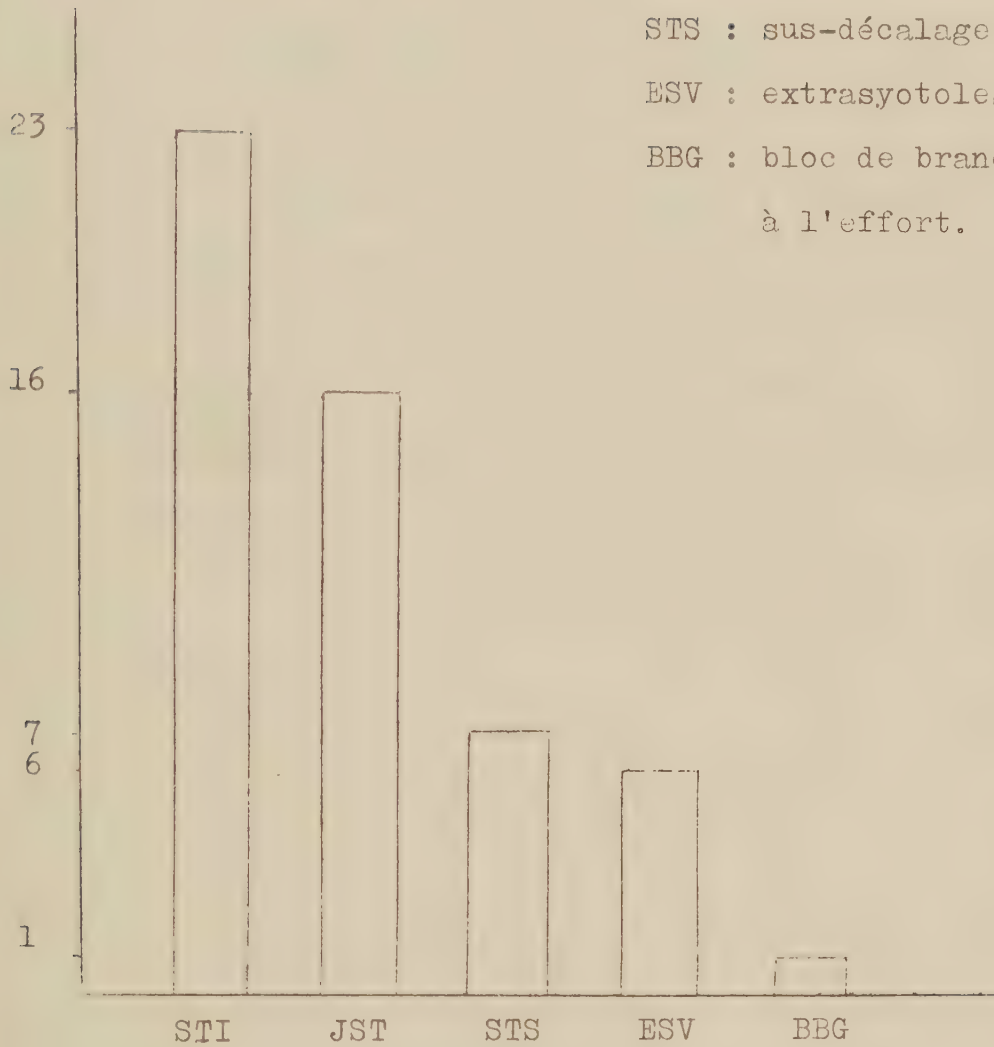
Fréquence et association des critères de positivité.
(Fig.4)
La positivité des tests d'efforts fut établie :

- 23 fois par le sous-décalage ischémique horizontal ou descendant du segment ST
 - . 8 fois isolé
 - . 11 fois associé à un abaissement du point J, avec sous-décalage ascendant de ST, aspect dit JST
 - . 3 fois associé à un décalage supérieur de ST
 - . 1 fois à un bloc de branche gauche d'effort.
- 4 fois par un sus-décalage isolé du segment ST
- 5 fois par un aspect JST isolé.

Des extrasystoles ventriculaires furent notées dans six cas ; mais dans aucun d'entre eux elles ne furent le seul critère de positivité.

On voit, par ces résultats, que le sous-décalage ischémique de ST est le signe le plus important, que son

STI : Sous décalage ischémiqne,
horizontal ou descendant de ST
JST : abaissement du point J, avec
sous décalage ascendant de ST
STS : sus-décalage de ST
ESV : extrasystoles ventriculaires
BBG : bloc de branche gauche apparu
à l'effort.



Fréquence des critères de positivités des 32 ECG d'effort.

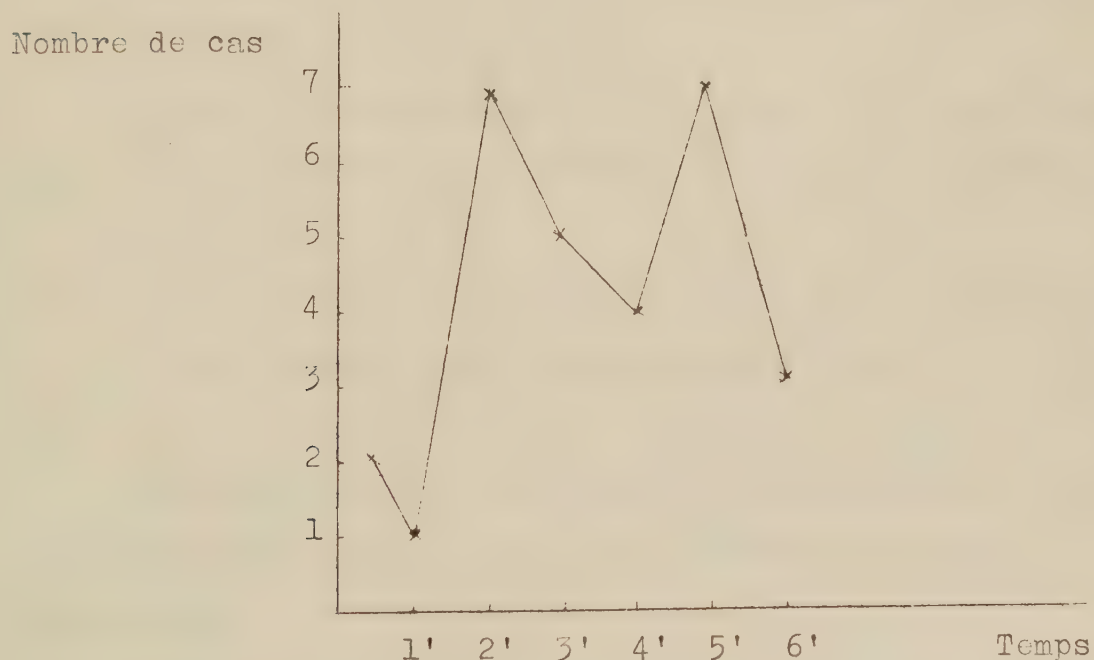
Fig. IV

association la plus fréquente se fait avec l'aspect JST ce qui n'est pas pour surprendre, puisque ces deux modifications électriques sont réputées se succéder, dans l'expression de la souffrance ischémique du myocarde à l'effort.

Temps d'apparition des signes électriques par rapport au début de l'effort.

- Dans la grosse majorité des cas de cette étude, (29 sur 32) les signes de positivité apparaissent durant l'effort - en CM5 donc - dans des temps variant de 30 secondes à 6 minutes. La figure V montre toutefois qu'il existe deux pics égaux de plus grande fréquence à deux minutes et cinq minutes

Fig. V



- Dans 3 cas, les signes de positivité se révèlent après l'effort :

- Dès arrêt de l'effort pour deux tests
- 5 minutes après arrêt, pour un test.

Le fait que dans la plupart des cas (90% ici) l'ECG devienne positif durant l'effort, et même que cette positivité n'apparaisse qu'exclusivement à l'effort pour 6 cas (18%) où les tracés se normalisent dès l'arrêt, souligne l'importance d'un enregistrement dynamique, durant l'exercice même.

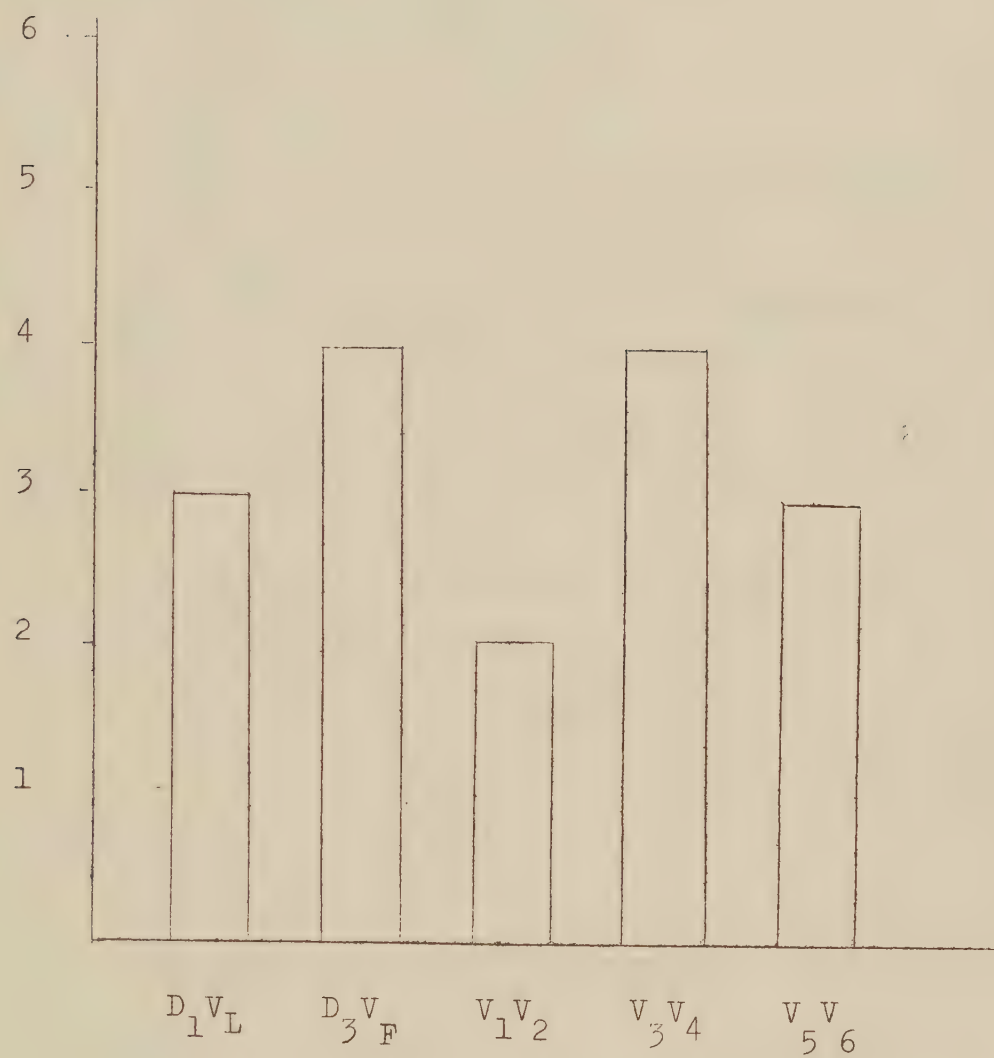
Cependant, l'enregistrement au décours de l'effort est également important, pour y trouver :

- non seulement les signes de positivité d'apparition tardive, éventualité rare ici : 3 fois
 - ou la majoration de l'amplitude des signes précoces : 3 fois
 - mais la transformation de l'aspect JST, stade initial en sous décalage ischémique de ST, stade ultérieur : 8 fois
 - et l'existence de signes dans d'autres localisations que le précordium gauche enregistré par CM5 : 10 fois
- Cette dernière remarque nous amène à envisager :

La fréquence de localisation des modifications électriques après l'effort, dans les différents groupes de dérivations.

Pour ce faire (Fig.6) nous avons compté dans chaque groupe de dérivation : D_1 V_L - D_3 V_F - V_1 V_2 - V_3 V_4 - V_5 V_6 le nombre de fois où l'on rencontrait après l'effort l'aspect

Fig. VI



Fréquence des STI ≥ 1 selon les différentes dérivations.

significatif d'une réponse positive : le sous décalage ischémique de ST (STI)

On voit :

- la grande fréquence de localisation dans les dérivations du précordium gauche de V_3 à V_6 (représentant 43% des localisations)
- le nombre non négligeable des localisations en dérivations postérieures (25%)

La bonne valeur de CM5 comme dérivation d'enregistrement durant l'effort paraît confirmée. Mais la possibilité d'enregistrer plusieurs dérivations en cours d'exercice constitue très certainement un progrès.

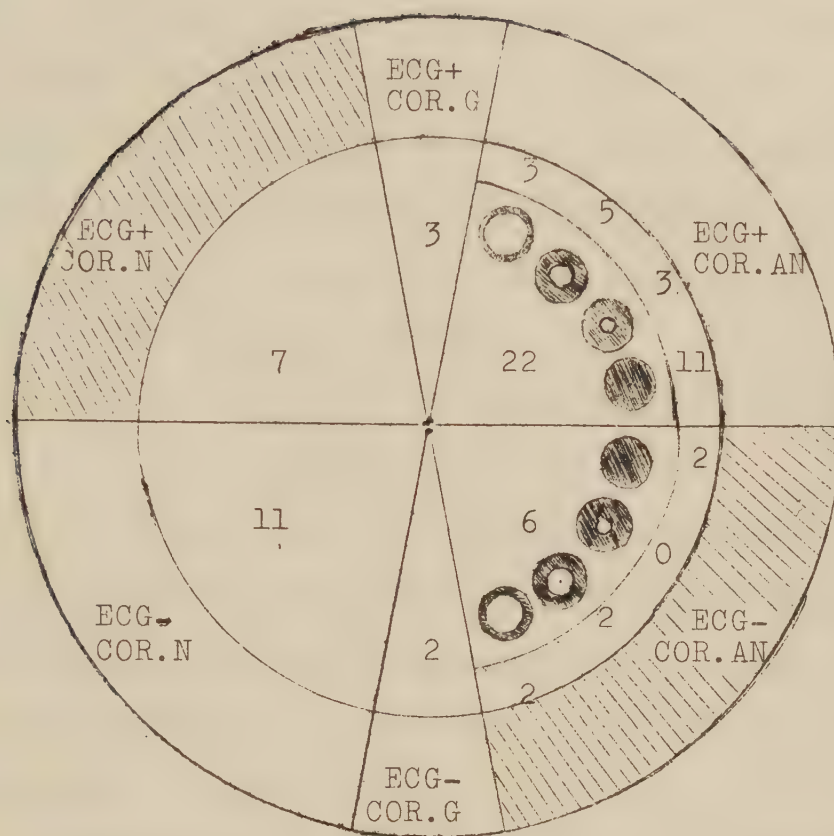
III Premier essai de corrélations globales entre les résultats des coronarographies et des électrocardiogrammes d'effort. (L'ensemble des résultats est présenté sur la figure VII)

1) Pour le groupe des coronaires normales ou grêles, sans sténose, comportant 23 cas, on compte :

- 13 tests d'effort négatifs, soit 56,5%
- 10 tests positifs, soit 43,5%

	Test +	Test -
Coron. Nles	7	11
Coron. Gles	3	2
Total	10	13

Fig. VII



- Correlations globales entre ECG d'effort et coronarographies de 51 cas.

- Les chiffres indiquent le nombre des cas de chaque groupe.
- Pour chaque cas, seule la sténose la plus importante a été retenue, en cas de sténoses multiples.
- La schématisation des sténoses correspond aux classes :
 - sténose inférieure à 50 %
 - sténose de 50 à 90 %
 - sténose sub-totale
 - sténose totale.

On est intrigué d'emblée par l'importance du nombre des observations à ECG d'effort positif, et ne présentant pourtant aucune sténose coronarienne.

Il nous faudra ultérieurement déterminer s'il s'agit de tests "faussement positifs" - défaillance de la méthode même de l'ECG d'effort - ou si un ou plusieurs éléments permettent d'expliquer ce résultat apparemment paradoxal.

2) Pour le groupe des coronaires sténosées, comportant 28 cas, on relève :

- 22 tests d'effort positif : 78,5%
- 6 tests négatifs : 21,5%

Il existe donc ici une assez bonne corrélation, surtout si l'on tient compte que ce résultat concerne un groupe malgré tout hétérogène, comportant des coronaires à sténoses légères et localisées, et d'autres à sténoses multiples et importantes.

Avant de passer à une étude plus détaillée, on peut tenter d'affiner un peu ce résultat en comparant (Fig. VIII)

- le pourcentage des tests positifs
- et le degré de l'index de sténose précédemment défini.

- a) Dans le groupe des index de 1 à 3 (3 tests + 4 tests -) il y a 42,8% de tests positifs.
- b) Dans le groupe des index de 4 à 6 (5 tests + 1 test -) il existe 83,3% de tests positifs.
- c) Dans le groupe des index de 7 à 11 (14 tests + 1 test -) il y a 93,3% de tests positifs.

Il apparaît donc que plus l'atteinte coronarienne est

Nombre de tests +	10	0	2	1	3	2	0	5	1	4	3	1
Nombre de tests -	13	0	1	3	1	0	0	0	0	0	1	0
	0	I	2	3	4	5	6	7	8	9	IO	II

Index de sténose

L'index de sténose pour chaque coronarographie est obtenu par la somme des coefficients caractéristiques du degré de sténose, appliqués à cette coronarographie

0 = absence de sténose

1 = sténose inférieure à 50%

2 = sténose de 50 à 90%

3 = sténose subtotale

4 = sténose totale

Toutes les sténoses, même multiples sur un même tronc coronarien sont notées. On tient ainsi compte à la fois de l'importance des lésions, et de leur diffusion.

Fig. VIII

importante et diffuse, plus la probabilité d'avoir un ECG d'effort positif est grande : première notion d'une relation d'ordre quantitatif - sévérité et diffusion des lésions - et non plus seulement d'ordre qualitatif - présence ou absence de lésion - entre données coronarographiques et ECG d'effort -

Etude et corrélations détaillées
des lésions artériographiques coronaires
et des données électrocardiographiques d'effort

=====

Nous analyserons d'abord le groupe des observations comportant une ou plusieurs sténoses supérieures à 50%, considérées sur les trois principaux troncs :

- coronaire droite
- interventriculaire antérieure
- circonflexe

Il n'y a, rappelons le, dans aucun cas, d'atteinte de ce degré sur la coronaire gauche.

Nous avons réparti ces observations en trois catégories, selon qu'elles présentaient une ou plusieurs sténoses :

- d'un seul tronc
- de deux troncs
- ou des trois troncs coronariens considérés

Atteintes monotronculaires.

8 observations entrent dans cette catégorie.

On y compte :

4 atteintes de l'interventriculaire antérieure
3 atteintes de la coronaire droite
1 seule atteinte de la circonflexe.

Pour ces cas de lésions, uniques ou multiples, mais monotronculaires, la moyenne de l'index de sténose est de 4,3.

Sur le plan clinique, ces huit observations correspondent à :

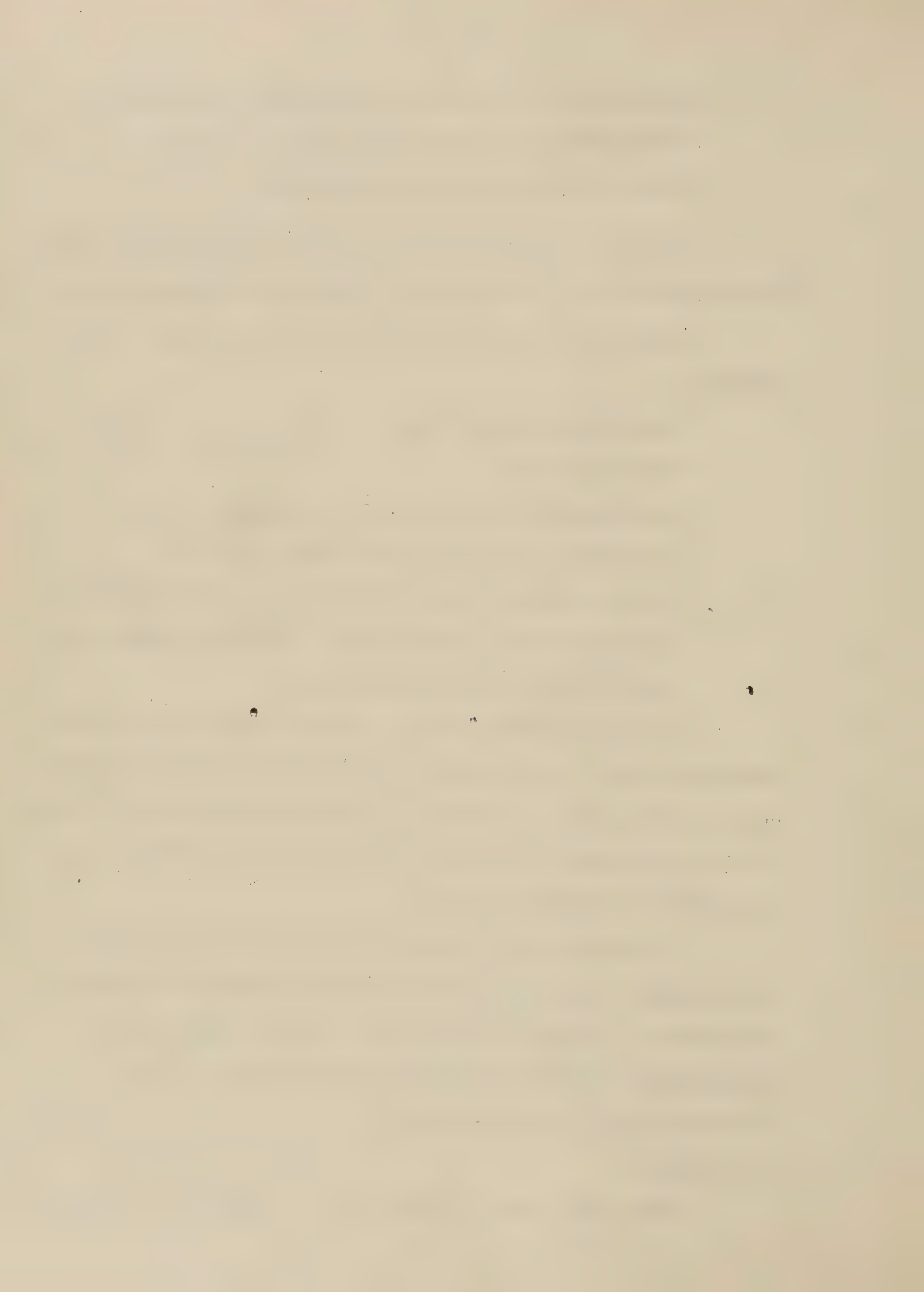
2 infarctus myocardiques
2 angor typiques
2 valvulopathies aortiques avec angor
1 syndrome douloureux thoracique atypique
1 cas où existait sur l'ECG de repos des signes de nécrose septale profonde et d'ischémie latérale, sans aucune douleur angineuse.

A l'ECG d'effort enfin, 5 observations ont un test positif, mais 3 ont un résultat négatif, ce qui constitue tout de même dans ce groupe de sténoses supérieures à 50%, et bien qu'elles n'intéressent qu'une seule artère, une proportion importante (37%).

La moyenne de l'index de sténose, pour ces cas discordants est de 3,3, nettement inférieur à la moyenne du groupe ; (on peut donc penser que ces observations présentaient moins de lésions inférieures à 50% non comptées ici, que les autres.)

Il s'agit :

- deux fois d'une atteinte de la coronaire droite,



chez deux malades angineux porteurs d'une valvulopathie aortique, et dont les ECG de repos montraient pour l'un une ischémie postéro-latérale, étaient normaux pour l'autre.

- du seul cas d'atteinte isolée de la circonflexe chez un patient souffrant de douleurs atypiques, et dyslipémique, sans anomalies à l'ECG de repos.

Peut-on mettre en doute l'origine angineuse de ces douleurs atypiques, compte tenu de l'atteinte localisée coronarographique, et du résultat négatif du test d'effort ?

A noter enfin, que dans les lésions de l'interventriculaire antérieure, il n'y a aucune discordance électrocardiographique : tous les tests d'effort sont positifs.

- Atteintes bi-tronculaires.

cette catégorie comprend 10 observations :

- 5 infarctus myocardiques
dont un cas d'infarctus multiples
- 3 angors
- une cardiomyopathie obstructive avec syndrome angineux
- un aspect de nécrose postérieure sur les ECG de repos, sans manifestations cliniques.

Sur le plan coronarographique, il est intéressant de noter que l'atteinte associée de la coronaire droite et de l'interventriculaire antérieure, est de beaucoup la plus fréquente : 6 cas.

L'atteinte associée de la coronaire droite et de la circonflexe se retrouve dans 3 cas.

Celle de l'interventriculaire et de la circonflexe est la moins fréquente : un cas.

La moyenne de l'index de sténose pour ces dix cas est de 7,9.

Enfin tous les tests d'effort y sont positifs, sauf pour une observation, celle d'un patient souffrant d'un angor sévère (obs. 10 de la Fig II). Mais l'exercice fut interrompu prématurément en raison de l'apparition d'une douleur sténocardique sans signes électriques, alors que la fréquence cardiaque n'était qu'à 125 ; et l'on peut raisonnablement supposer un retard de survenue des signes électriques, sur les signes cliniques, la réserve coronaire épuisée.

Atteinte tri-tronculaire

Cette atteinte associée des trois principaux vaisseaux coronaires se retrouve dans cinq observations :

- 3 infarctus, dont un cas d'infarctus multiples
- 2 angors.

L'index de sténose moyen est de 9,4 pour cette catégorie.

Tous les tests d'effort y sont positifs.

Synthèse des éléments recueillis, concernant le groupe de sténoses, uniques ou multiples, supérieures à 50 %.

Éléments cliniques.

- Les deux cas de nécrose électrique, muette cliniquement,

peuvent être confirmés comme d'authentiques infarctus, puisque concordent les données angiographiques et les réponses à l' ECG d'effort.

- 17 des 20 maladies coronariennes avérées se retrouvent dans ce groupe, qui comprend tous les infarctus.

Il s'agit de maladies angineuses sévères, invalidantes, comportant presque toutes des douleurs spontanées (Fig 2). On voit la bonne corrélation entre les caractéristiques cliniques, et l'importance des lésions coronarographiques : sténoses supérieures à 50 %.

Il n'y a toutefois pas de différences significatives dans l'expression clinique et électrique au repos, de ces insuffisances coronariennes, selon la diffusion des sténoses à un, deux, ou trois troncs.

En est-il de même pour les signes électrocardiographiques d'effort ?

Corrélations entre signes à l'ECG d'effort et diffusion mono, bi, ou tri-tronculaire des sténoses coronariennes.

Nous étudierons diffusion des lésions et, successivement :

- Réserve coronaire
- amplitude des signes électriques
- nombre de dérivations où sont retrouvés les signes de positivité
- fréquence de localisation des signes de positivité dans les différents groupes de dérivation.

Diffusion des lésions et réserve coronaire.

Compte tenu de l'effort demandé, tel que nous l'avons défini dans la méthodologie, on peut considérer (Solvay) qu'une accélération de la fréquence cardiaque à 180, correspond à l'utilisation de 100 % de la réserve coronaire.

La figure IX montre que dans le groupe des sténoses à 50 % et plus, les chiffres moyens de fréquence cardiaque obtenus sont inférieurs :

- à ceux du groupe des lésions de moins de 50 %
- et plus encore à ceux du lot des coronaires saines.

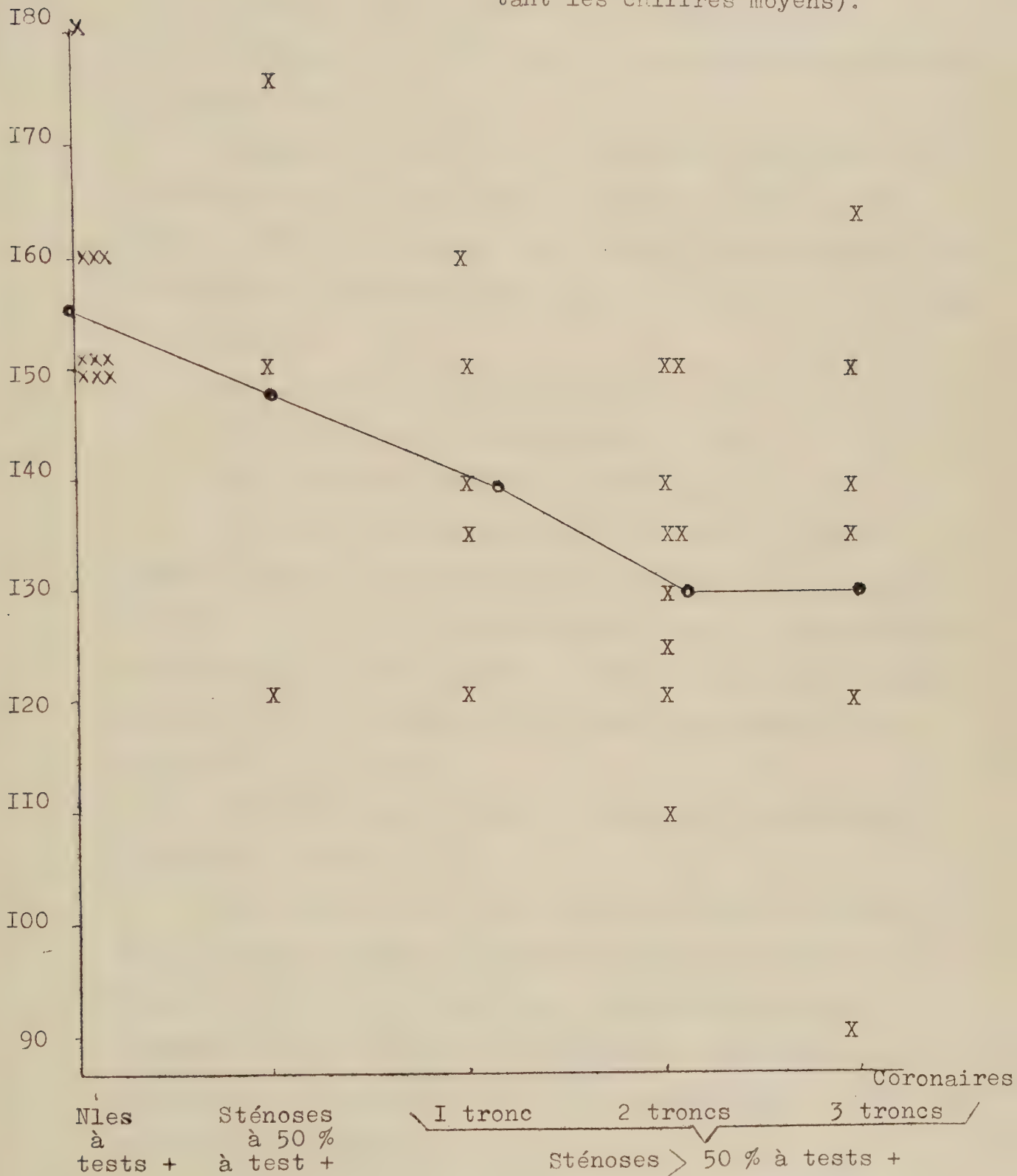
Respectivement 135, 148 et 156, ce qui correspond à l'utilisation d'un pourcentage croissant de la réserve coronaire. (L'accélération moyenne à 135 correspond à un pourcentage de la réserve coronaire de l'ordre de 2/3 à 3/5 -d'après Solvay-).

A l'intérieur du groupe des sténoses de 50 % et plus, on voit que les chiffres moyens de fréquence cardiaque diminuent selon que l'atteinte est mono-tronculaire, d'une part, ou bi et tri-tronculaire d'autre part. Respectivement 141 et 132.

On peut donc conclure qu'il existe une bonne corrélation entre la diminution de la réserve coronaire traduite à l'ECG d'effort par une fréquence cardiaque inférieure à 145, et non seulement le degré de l'atteinte coronarienne, mais aussi sa diffusion.

Fig. IX

Fréquences cardiaques obtenues lors de tests positifs, dans les différents groupes de lésions coronaires (les points représentant les chiffres moyens).



Diffusion des lésions et amplitude des signes électrocardiographiques d'effort : sous décalage ischémique, et sus décalage de ST.

Nous avons reporté sur la figure X, pour chaque cas, la valeur maxima du décalage à l'effort du segment ST (STI et STS). Les valeurs ainsi recueillies vont de 0 à 5 mm. Les amplitudes moyennes augmentent, selon que l'on considère la catégorie :

- des atteintes mono-tronculaires : 1,25 mm
- des atteintes bi-tronculaires : 2 mm
- des atteintes tri-tronculaires : 2,6 mm.

Un important décalage de ST à l'effort, égal ou supérieur à 2 mm, peut donc être considéré comme l'annonce probable de sténoses majeures et diffuses à l'opacification des coronaires. Par ailleurs, 4 fois sur 5, un sus décalage de plus de 2 mm correspond à au moins une sténose totale sur un tronc coronaire.

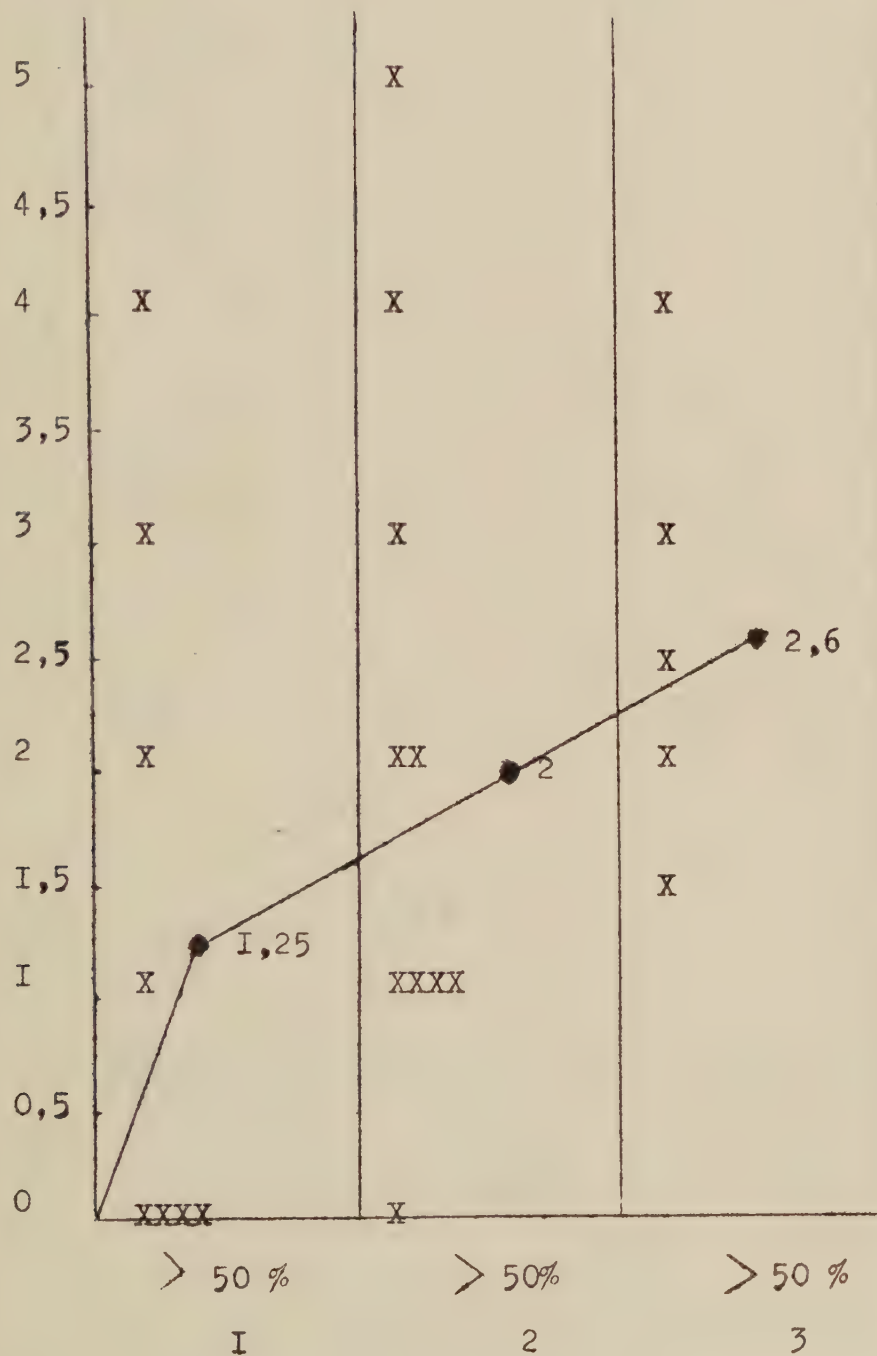
Diffusion des lésions, et nombre de dérivations positives à l'ECG d'effort.

Pour chaque cas, a été faite la somme des dérivations où il existait un décalage de ST supérieur ou égal à 1 mm (Fig XI). On voit là encore, que les valeurs moyennes augmentent avec le nombre des coronaires atteintes (respectivement pour l'atteinte de 1, 2 et trois troncs : 1,25, 1,80, et 2,80 dérivations).

On peut donc ajouter, à la mesure de l'amplitude des signes de positivité, le nombre des dérivations où on les

Fig. X

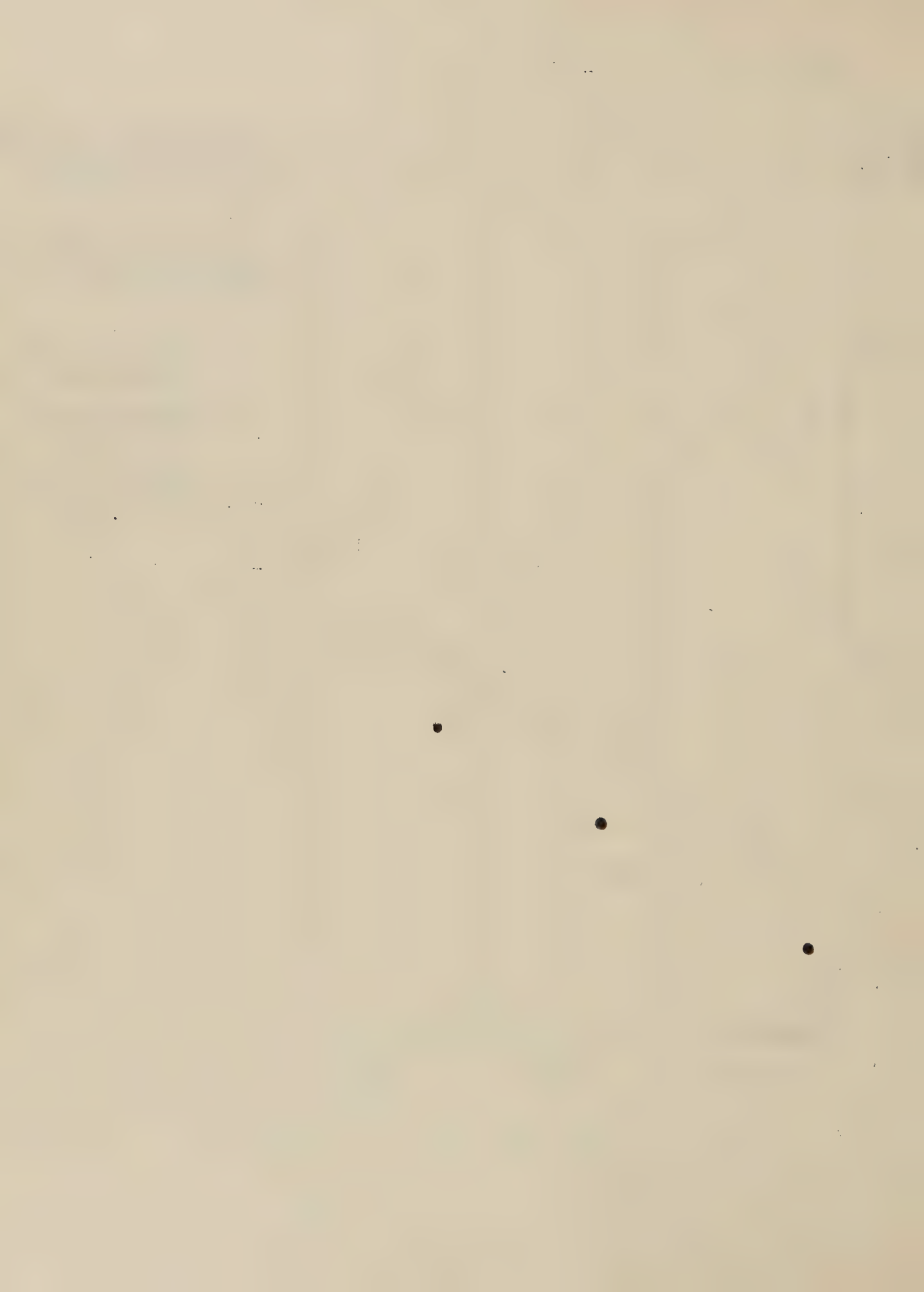
Hauteur
en mm
de STS
et STI



Diffusion des lésions
> à 50 et valeur
maxima du STS et du
STI.

Les points représen-
tent les valeurs
moyennes.

- I - Atteinte mono-
tronculaire
- 2 - Atteinte bi-
tronculaire
- 3 - Atteinte tri-
tronculaire

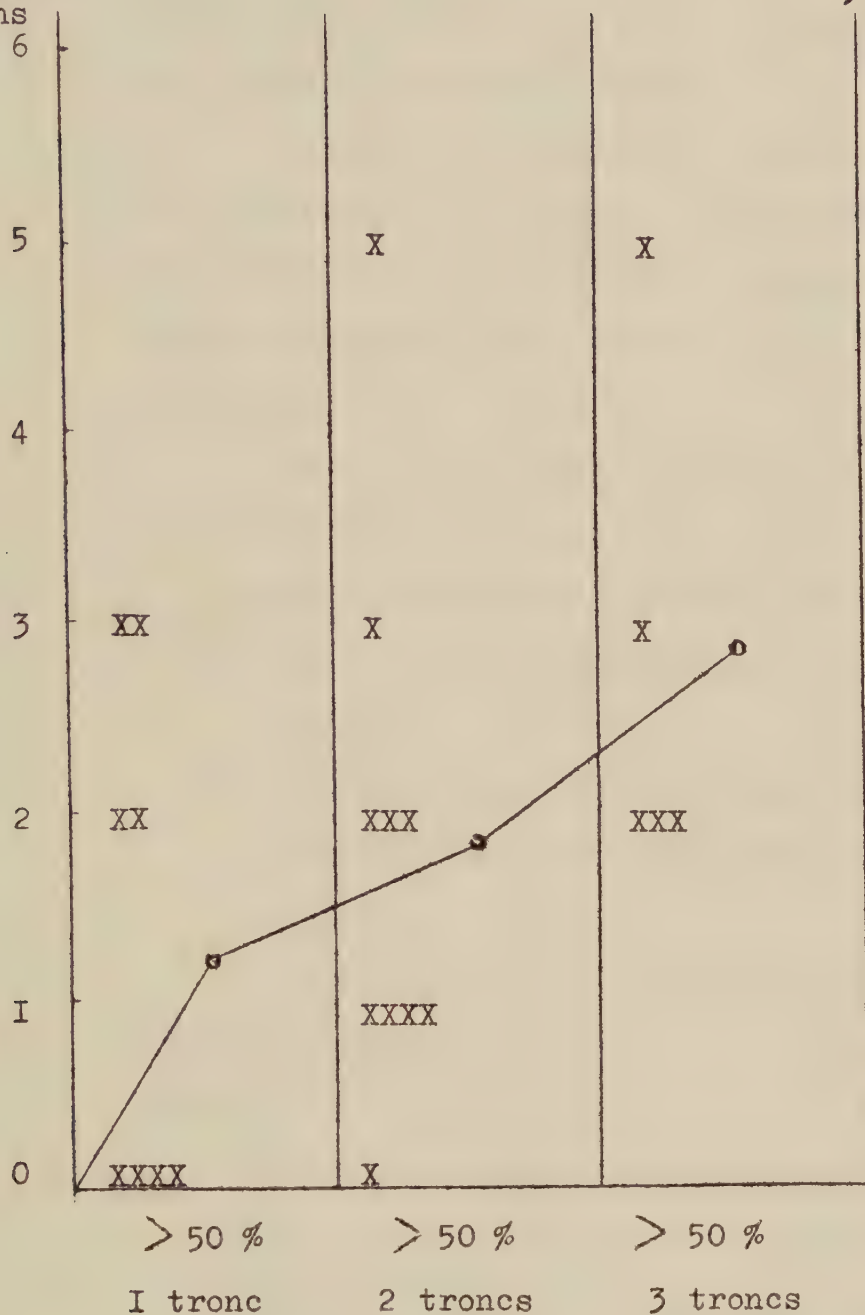


Nombre
de
dériva-
tions

Diffusion des lésions
> 50 % et nombre de dé-
rivations à STI et
STS $\geq$ 1.

Les points représen-
tent les valeurs moyen-
nes.

Fig. XI



relève pour tenter de prévoir l'importance et la diffusion des lésions coronarographiques.

Peut-on, par ailleurs, établir une corrélation, entre la topographie -antérieure, postérieure, latérale- indiquée par les différents groupes de dérivation à l'ECG d'effort, et la localisation des lésions sur tel ou tels troncs coronariens ?

Nous avons relevé (Fig XII) la fréquence des signes de positivité pour chaque groupe de dérivations :

- 1) dans les atteintes isolées de l'IVA
- 2) dans les atteintes mixtes de l'IVA et de la coronaire droite
- 3) et, pour permettre la comparaison avec les deux situations précédentes, dans les atteintes des trois troncs.

On voit qu'il n'y a pas de corrélations topographiques absolues, mais que tout de même, en cas d'atteinte isolée de l'IVA :

- il n'y a aucune localisation en D_1 V_2 et D_3 V_F
- à l'inverse, le groupe V_3 V_4 est constamment positif
- avec 50 % de positivité dans les groupes V_1 V_2 et V_5 V_6 .

Lorsque s'ajoute à l'atteinte de l'IVA, une sténose de la coronaire droite :

- on trouve des signes de positivité en D_3 V_F dans 33 % des cas

Corrélations entre localisations
angiographiques et électriques

Fréquences en pourcentage des dérivations
positives à l'ECG d'effort.

-  - dans les atteintes > à 50 %
isolées de l'IVA (4 cas)
-  - dans les doubles atteintes
> à 50 % de la CD et de
l'IVA (6 cas)
-  - dans les atteintes > 50 %
des trois troncs (5 cas)

Pourcentage
de dériva-
tions posi-
tives

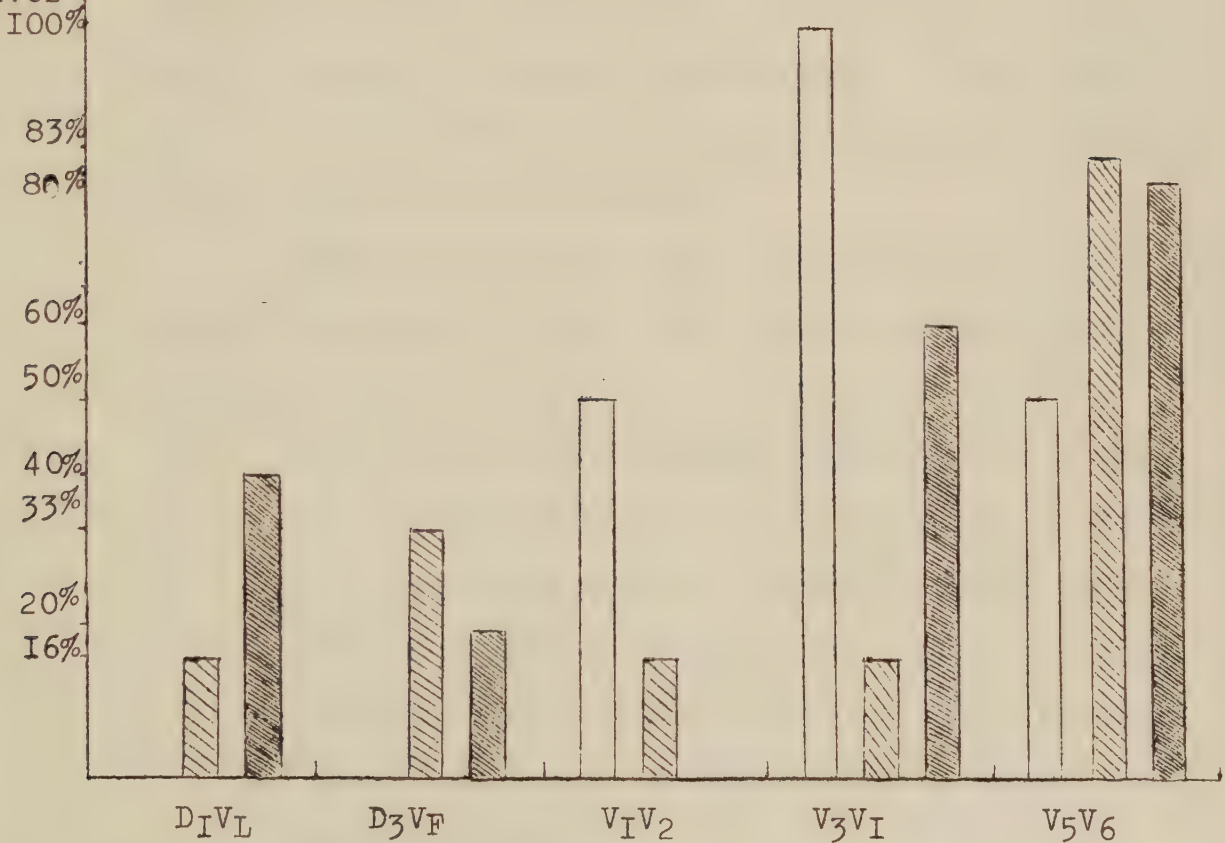


Fig. XII

- et en $V_5 - V_6$ dans 83 % des cas
- Par contre, en $V_3 - V_4$, localisation de prédilection lors de l'atteinte isolée de l'IVA, on ne trouve de signes positifs que dans 16 % des cas.

Enfin, dans les lésions diffuses des 3 troncs, les signes électriques se répartissent dans toutes les dérivations, sauf en $V_1 - V_2$.

Nous n'avons pas observé d'atteinte isolée de la coronaire droite.

Circulation collatérale.

Nous terminerons cette analyse des observations comportant une ou plusieurs sténoses supérieures à 50 %, considérées sur les trois principaux troncs, par quelques remarques sur la circulation collatérale.

Nous avons relevé cette vascularisation de suppléance -selon les critères plus haut définis- dans 13 des 23 observations, soit dans 56 % des cas. Il s'agissait :

- d'une circulation homolatérale droite : 4 fois
 - 2 atteintes isolées de la coronaire droite
 - 2 atteintes mixtes, coronaire droite et IVA.
- d'une circulation homolatérale gauche : 1 fois correspondant à une atteinte des trois troncs
- d'une circulation du réseau droit vers le réseau gauche : 4 fois
 - dont 2 cas d'une atteinte isolée de l'IVA
- d'une circulation du réseau gauche vers le réseau droit : 4 fois, représentant des lésions diverses.

Nous n'avons pas trouvé de corrélations nettes entre le type de la circulation collatérale et la disposition des lésions, non plus qu'entre sa fréquence et la diffusion des lésions :

En effet, l'index de sténose moyen des cas comportant une circulation collatérale est de 7,3, celui des cas n'en comportant pas, de 7,5.

Le pourcentage de circulation collatérale dans les catégories d'atteinte mono, bi, et tri-tronculaire est respectivement de 63 %, 50 % et 60 %

sans différence significative, donc.

Enfin, nous n'avons pas trouvé non plus de corrélations entre présence ou absence de circulation collatérale, et résultat du test d'effort :

- Des 4 observations à test négatif, deux ont une circulation collatérale, les deux autres en sont dépourvues
- Et, pour les 19 observations à test positif, il y a 11 cas de circulation collatérale.

Il nous faut maintenant considérer le groupe des observations ne comportant à l'opacification coronarienne, que des lésions inférieures à 50 %.

Si de telles lésions étaient fréquemment rencontrées associées aux sténoses majeures que nous venons de décrire, leur présence isolée est beaucoup plus rare, puisque nous ne l'avons notée que sur 5 des 28 coronarographies.

Il s'agit :

- d'une sténose localisée de la coronaire droite.
- trois fois d'une double sténose :
 - de la coronaire gauche et de l'IVA
 - de la coronaire gauche et de la circonflexe
 - de la coronaire droite et de la circonflexe
- d'une sténose triple enfin, de la coronaire droite, de l'IVA et de la circonflexe.

Sur le plan clinique, ces observations correspondent à :

- 2 cas d'angor typique
- 3 cas de douleurs thoraciques atypiques, avec pour deux d'entre eux une dyslipémie.

Il n'y a pas de corrélations entre le caractère unique ou multiple des sténoses, et les caractères typiques ou non de la douleur, non plus d'ailleurs qu'avec le résultat des ECG d'effort.

En effet, il y a dans ce groupe :

- trois tests positifs
- deux tests négatifs, qui furent complets et qui correspondent à des doubles sténoses.

Le petit nombre de ces cas à sténoses modérées isolées ne permet guère de tirer d'autres conclusions.

Nous terminerons cette revue de nos observations par le groupe dont les coronarographies paraissent normales

ou grèles, et qui comprend 23 cas.

On y compte :

- un seul syndrome angineux caractéristique
- contre 10 syndromes douloureux thoraciques atypiques
- 4 retrécissements aortiques, dont on rapprochera
- 2 cardiomyopathies obstructives.

En outre :

- 3 Insuffisances cardiaques primitives
- 3 cas d'anomalies électriques au repos, interprétées comme des signes d'ischémie.

Notons que nous n'avons aucun infarctus à coronaires saines.

Pour le résultat des ECG d'effort, s'il existe 13 réponses négatives, nous avons déjà souligné plus haut l'étonnante proportion -43,5 %- que représentent les 10 tests positifs.

Cette importante discordance entre des coronaires non sténosées à l'opacification, et un ECG d'effort paradoxalement positif -on serait tenté de dire faussement positif- mérite l'analyse.

De fait, tous les cas de retrécissements aortiques de ce groupe (4) et l'une des deux cardiomyopathies obstructives présentent cette situation.

Ces affections réalisant une gêne à l'éjection ventriculaire gauche, et une baisse du débit coronarien, le test d'effort rend compte de l'insuffisance coronarienne fonctionnelle, comme de l'insuffisance coronarienne organique.

La mesure, dans ces 5 cas d'insuffisance coronarienne fonctionnelle, de l'amplitude des décalages de ST, et le compte des dérivations où l'on trouve ce critère de positivité, tels que nous l'avons réalisé plus haut à propos des sténoses coronariennes majeures, montrent (Fig XIII) des chiffres moyens (1,7 mm, et 1,5 dérivation) comparables à ceux observés dans le groupe des sténoses supérieures à 50 %, bi et tri-tronculaires.

Le caractère fonctionnel de l'insuffisance coronarienne ne peut être affirmé qu'au vu de vaisseaux intacts à la coronarographie. Mais, de façon complémentaire, l'ECG d'effort permet peut-être, si l'on mesure les décalages, et si l'on tient compte du nombre des dérivations positives, d'en apprécier, dans une certaine mesure, la gravité.

Restent encore -écartées les valvulopathies aortiques et les cardiomyopathies obstructives- 5 tests "faussement" positifs, soit 21 % de ces cas à coronaires non sténosées.

Deux de ces cas ont des coronaires grèles : ils posent donc le problème de la signification pathologique éventuelle de cet aspect coronarographique particulier.

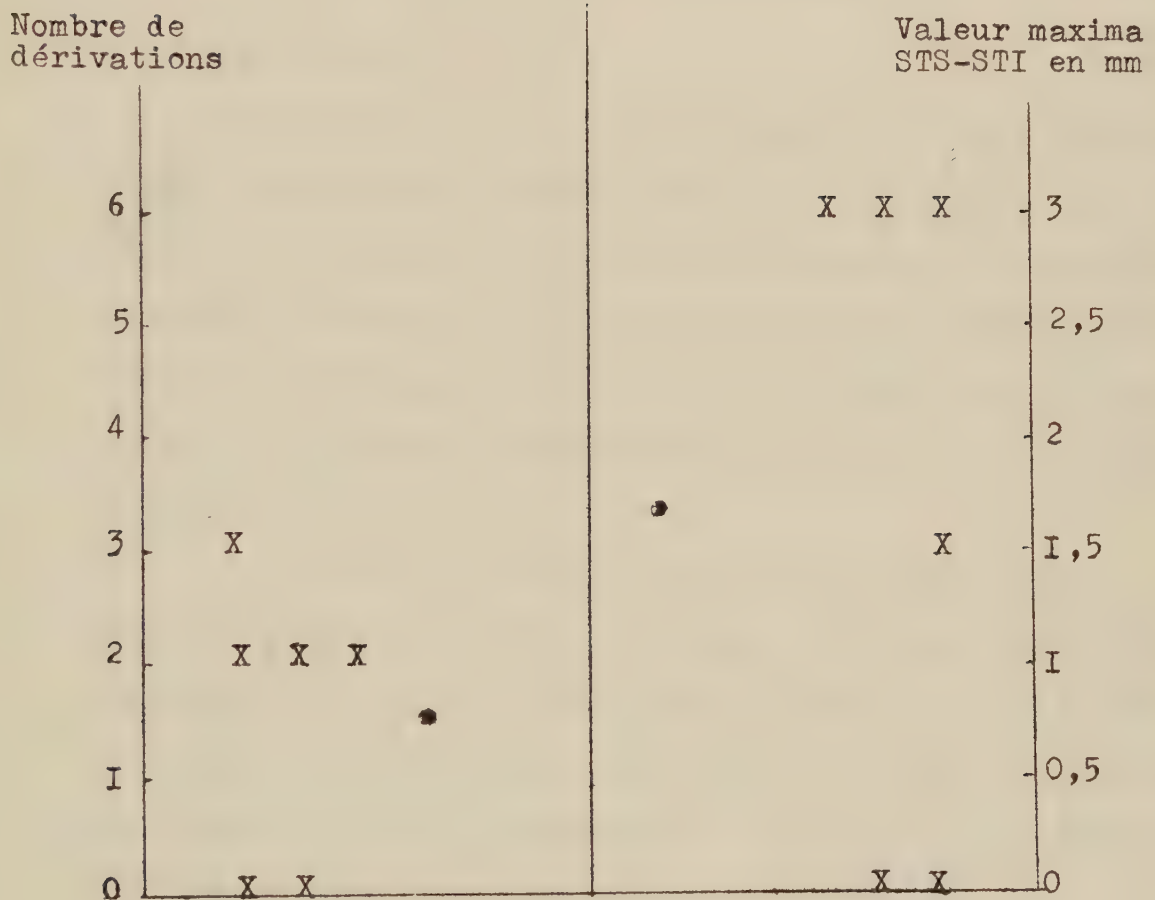
Nous n'en n'avons pas ici suffisamment d'observations pour aller au-delà de la question posée.

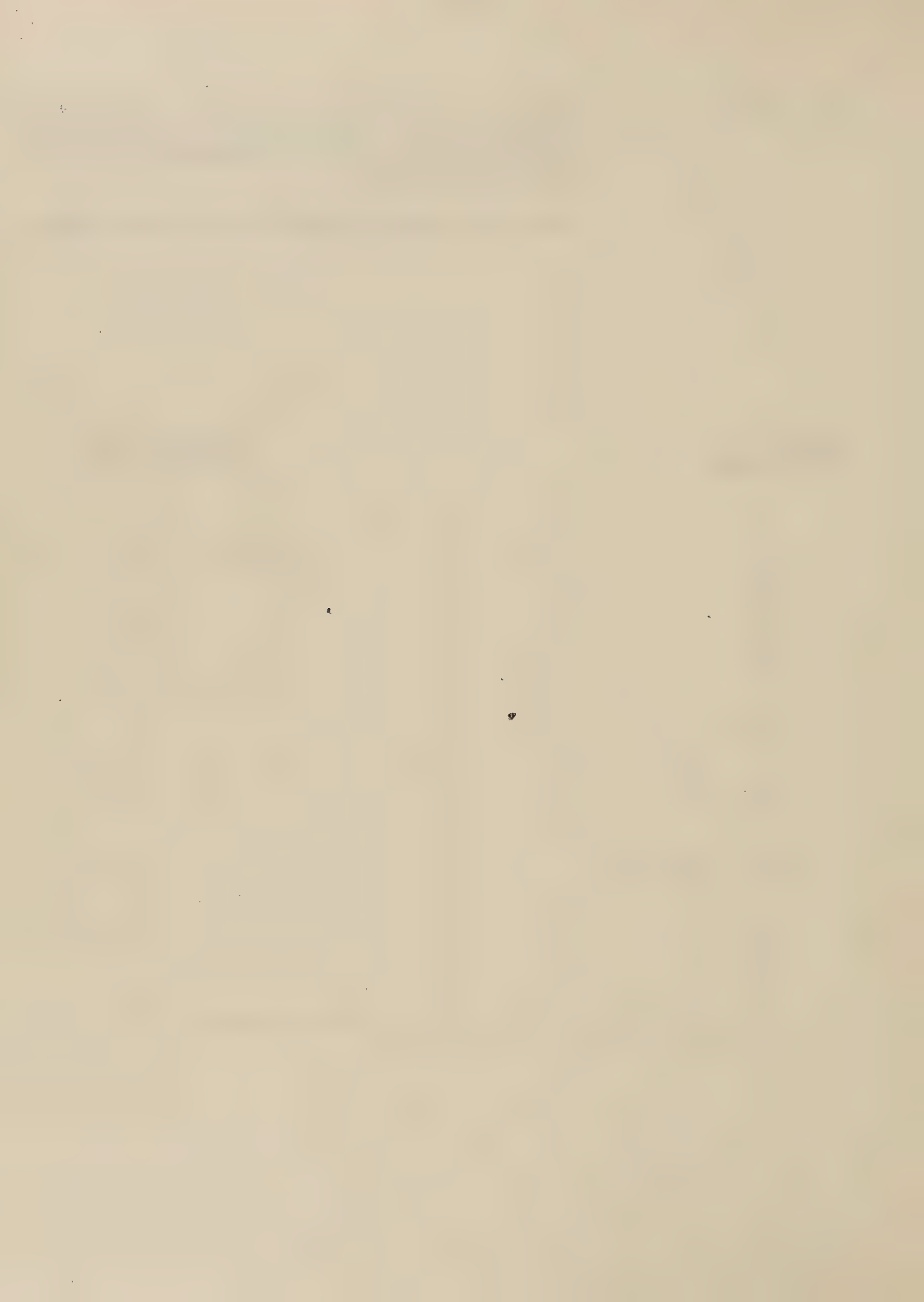
Pour les trois dernières observations -en particulier un angor typique- où il existe une discordance entre la réponse positive du test d'effort et l'aspect apparemment normal des gros troncs coronariens, aucune explication n'apparaît clairement.

Fig. XIII

Nombre de dérivations positives et amplitude maxima de STS - STI pour les valvulopathies aortiques et les CMO, à coronaires saines et test d'effort + .

Les points représentent des valeurs moyennes.





DISCUSSION

=====

Nous aborderons successivement la discussion :

- de la coronarographie
- de l'ECG d'effort
- celle enfin de leurs corrélations.

I Coronarographie.

Nombre d'auteurs, et en particulier Likoff et Kasparian (1965) ont souligné que cet examen ne rend compte que du seul aspect morphologique d'une fonction complexe, la circulation coronaire, soumise à de multiples mécanismes physiologiques. L'aspect morphologique lui-même n'est donné que de façon partielle, puisque l'opacification n'atteint pas les petits vaisseaux coronariens.

La répercussion hemodynamique qu'il faut accorder aux sténoses incomplètes des gros troncs, est des plus délicates à dégager. Pour cette raison, Most, Gorlin et Coll (1969) ne retiennent comme significatives sur le plan hémodynamique, que les obstructions supérieures à 50 % -qui constituent la plus grosse part des observations de notre étude-.

Ces mêmes auteurs insistent également sur la difficulté d'établir, devant des lésions coronarographiques, un pronostic de la maladie angineuse. Et de fait, qui n'a été étonné parfois de la discordance, dans certains cas, entre l'aspect radiologique des coronaires, et le degré de sévérité dans

l'expression clinique de la maladie, et dans son évolution ?

Toutes ces limites de la coronarographie trouvent une illustration exemplaire, rare mais cependant intéressante, dans ces observations rapportées d'angor authentique, ou d'infarctus myocardiques, à coronarographies rigoureusement normales (Eliot et Bratt 1968, Neill 1968, Likoff et Kasparian 1967).

Parfois une étiologie est retrouvée, exceptionnelle, telle une dissociation anormale de l'oxyhémoglobine (Eliot et Bratt), une intoxication oxycarbonée, une thrombose des veines cardiaques.

Ailleurs on peut évoquer (Campeau 1970) une occlusion coronaire, mais ignorée par la coronarographie, qu'il y ait eu reperméabilisation par lyse d'un thrombus ou d'un embol, qu'il se soit agi d'un spasme temporaire d'un gros tronc, ou d'une atteinte diffuse des petites artères.

Campeau estime à 20 ou 30 % les cas où la coronarographie minimise les altérations de la structure des coronaires.

Ces réserves, concernant la technique majeure d'exploration des coronaires, devaient être faites, et doivent rester présentes à l'esprit, dans la mesure même où l'on tend à faire de cette technique "l'ultima ratio" c'est-à-dire à juger, en fonction de ses résultats la valeur des autres critères d'insuffisance coronarienne, tel l'ECG d'effort par exemple.

En cas de discordance, ce dernier n'est pourtant pas toujours et nécessairement imputable, puisque l'exploration

radiologique des coronaires peut comporter les failles que nous venons de voir.

Il reste, que dans la grande majorité des cas, la coronarographie n'est pas en défaut, comme le démontrent ses corrélations avec les données cliniques : Proudfit et Shirey (1966 et 1968) à propos de 1000 cas, trouvent 99 % de bonnes corrélations dans les infarctus, 95 % dans les angors d'effort typiques, 79 % dans les angors spontanés, et enfin 65 % lorsqu'il s'agit d'angors atypiques.

Par contre, à l'inverse de Cohen, Eliott et Gorlin (1966) ils contestent tout parallélisme entre diffusion coronarographique des lésions, et ancienneté clinique de la maladie, ou siège des douleurs, typique ou atypique, unique ou multiple.

Likoff et Kasparian avaient déjà noté (1965) le très grand nombre des atteintes diffuses, pluri-tronculaires, et leur précocité dans l'histoire clinique de la maladie. Ils avaient également souligné, au niveau de chacun des trois gros troncs coronaires, la fréquence identique des sténoses.

Nous avons retrouvé ici :

- une étroite corrélation entre la sévérité des angors typiques, et l'importance des sténoses, presque toujours supérieures à 50 %
- La grande fréquence des lésions diffuses, pluri-tronculaires.

- L'absence de parallélisme entre l'ancienneté clinique de la maladie, et l'aspect coronarographique.
- Par contre, la coronaire droite, et l'interventriculaire antérieure nous ont paru bien plus souvent sténosées que la circonflexe.

II L'électrocardiogramme d'effort.

Cet examen a provoqué des objections nombreuses et des critiques sévères.

Celles de Friedberg (1962 ; 1966) les résumant assez bien.

Il reproche à cette technique d'exploration coronarienne

- l'aspect insolite de l'effort qui ne reproduit pas les conditions habituelles du déclenchement de la douleur
- sa "standardisation" qui ne tient compte ni des particularités physiques, ni des possibilités de la réserve coronaire de chaque cas, l'effort demandé pouvant être insuffisant
- la lecture tardive sur des tracés faits au décours de l'effort, pouvant ignorer les signes positifs transitoires apparus en cours d'exercice.
- Le danger de déclencher un infarctus du myocarde
- les parasites de la ligne iso-électrique rendant malaisées les mesures du sous-décalage de ST
- l'absence de définition précise des critères de positivité
- et enfin, en cas d'enregistrement pendant l'effort, les modifications de la repolarisation liées à l'orthos-

tatisme.

Ces critiques apparaissent aujourd'hui largement dépassées, avec les améliorations techniques de l'épreuve, et la plus grande rigueur dans le choix des critères de positivité.

- l'enregistrement radio transmis pendant l'effort permet :

- 1) le recueil des signes transitoires
- 2) la surveillance constante du malade, garante comme nous l'avons vu de l'inocuité de l'épreuve
- 3) des tracés de bonne qualité ; un enregistrement préalable en position debout dépistant les modifications posturales.

- L'utilisation de la bicyclette ergométrique rend aisée d'autre part l'adaptation de l'effort à chaque cas selon les possibilités physiques et la réserve coronaire.

Le caractère rigide et trop standardisé des anciennes modalités, type "two-step test" de Master, est ainsi corrigé.

- En outre, le choix, par la plupart des auteurs, de 1 mm comme valeur limite significative du sous décalage ischémique diminue considérablement les faux tests positifs observés lorsqu'on accepte 0,5 mm, et les faux tests négatifs fréquents lorsqu'on exige 2 mm.

Par ailleurs, sans même se référer à des contrôles coronarographiques, la bonne valeur de l'ECG d'effort est bien mise en évidence par les enquêtes épidémiologiques

réalisées sur de grandes échelles : Bellet et Coll (1967) faisant des tests d'effort dans une population de 750 hommes réputés sains, indemnes de manifestations cliniques d'angor, et ayant des ECG de repos normaux, ont ainsi démontré que la survenue d'une cardiopathie coronarienne les trois années suivantes, est dix fois plus élevée chez les sujets à ECG d'effort positif.

Enfin, avant d'en venir aux corrélations coronarographiques, il faut apporter un autre argument en faveur de l'ECG d'effort, qui, répété, permet par comparaison des décalages ischémiques rapportés au niveau de fréquence cardiaque atteint, de suivre l'évolution et de préciser le pronostic de la maladie coronarienne (Solvay).

III Corrélations de l'ECG d'effort et de la coronarographie.

Les résultats comparés de l'électrocardiographie d'effort et de l'opacification coronarienne relevés dans la littérature, sont dans l'ensemble concordants. Mais il existe un pourcentage variable avec les auteurs, de tests positifs accompagnant une coronarographie normale, tests qualifiés de "faususement" positifs, et surtout, à l'inverse, de tests "faususement" négatifs observés dans des cas de sténoses coronaires.

A) Les Tests "faususement" positifs.

Dans nos 51 observations, ils représentent 9,8 % des cas -éliminées bien sûr les insuffisances coronaires fonctionnelles des valvulopathies aortiques à coronaires saines-.

La modicité de ce pourcentage est confirmée par la plupart des auteurs : Paulin (1964) Likoff (1966) Mason (1967) Hultgren (1968).

Il faut noter toutefois les résultats différents donnés par :

- Demany (1967) : 30 % de faux tests positifs, mais sa technique d'électrocardiographie d'effort semble contestable.
- Friedberg (1966) : 50 % de faux tests positifs, mais sur un bien petit nombre de cas, et en acceptant 0,5 mm de sous décalage comme seuil de positivité.

B) Les Tests "faussement" négatifs.

Ils semblent plus fréquents. Pour notre part, nous en comptons 6 dans notre étude, soit 11 %. Kasparian (1967) en donne un pourcentage de 25 %.

A propos de cette discordance, certains points méritent d'être soulignés :

- 1) La fréquence des tests d'effort négatifs dans les infarctus myocardiques transmuraux, relevée par Likoff (1966). Bien que nous ne l'ayons observée dans aucun de nos infarctus, cette éventualité semble pouvoir s'expliquer logiquement : La cicatrice fibreuse de la nécrose, non fonctionnelle, ne peut donner lieu à un courant de lésion le myocarde intact étant par ailleurs vascularisé correctement.

- 2) Le caractère incomplet et critiquable de la technique de l'ECG d'effort dans nombre d'observations comportant une quantité élevée de tests faussement négatifs. Ainsi Demarny qui ne retient comme critère de positivité que les sous-décalages persistant 4 minutes après effort, ou Most et Gorlin utilisant le "two-step test" de façon identique pour chaque cas, obtenant une accélération cardiaque paradoxalement plus élevée dans les tests positifs, et notant eux-mêmes du reste, que les tests négatifs -correspondant souvent à une sténose mono-tronculaire- auraient de grandes chances de se positiver à un effort plus accentué.

Mason faisant une étude comparative du test d'effort classique et du test cycloergométrique améliore les corrélations électro-radiologiques de 61 % à 84 %.

- 3) Enfin, certains tests faussement négatifs correspondent à des cas particuliers, comme ceux décrits par Kattus (1963) d'angor de Prinz Metal dont les signes électriques de repos n'apparaissaient qu'au moment des douleurs, et qui correspondaient à des sténoses coronaires localisées.

Les confrontations entre données électrocardiographiques d'effort et coronarographie permettent encore :

- 1) d'avaliser les informations supplémentaires apportées par l'épreuve d'effort et méconnues par les tracés de

repos :

- dans 30 % des cas de notre étude
 - dans 9 % des cas de celle de Mason
 - dans 18 % des cas pour Cohen (1966)
- 2) de démontrer le parallélisme entre amplitude, et fréquence dans les différentes dérivations, des signes électriques, et extension et sévérité des sténoses.

Cohen note "qu'une importante dépression de ST est l'indication d'une triple atteinte coronarienne".

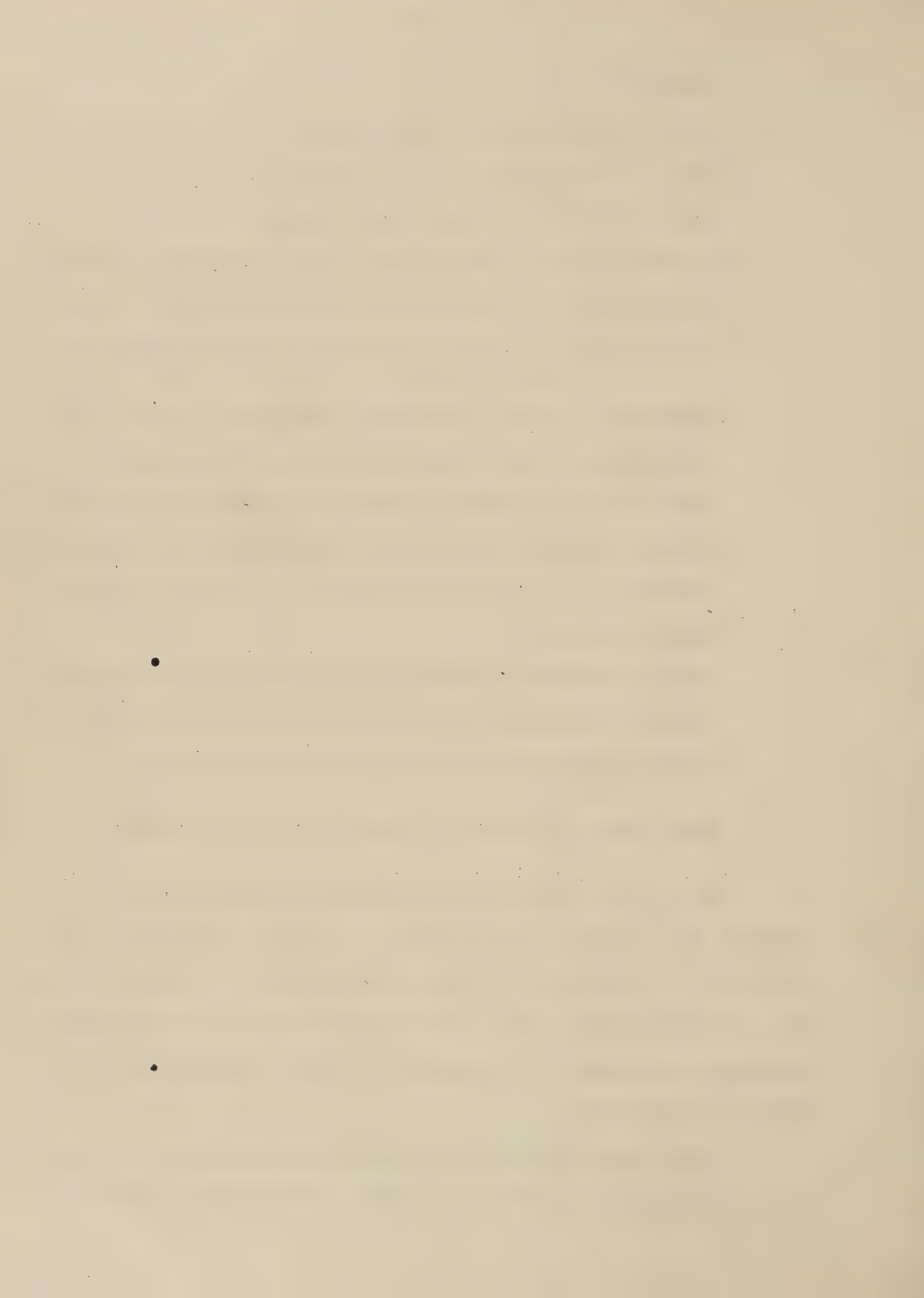
Most et Gorlin remarquent que "la fréquence et le degré des anomalies à l'ECG d'effort sont en corrélations directes et significatives avec le nombre des coronaires malades".

Mason, faisant la somme du sous-décalage maximum de chaque dérivation établit une sorte d'index, qui apparaît proportionnel à l'extension des lésions.

Nous avons retrouvé ici toutes ces corrélations.

En ce qui concerne la circulation collatérale la plupart des auteurs constatent que présente ou absente, elle n'influe en rien sur la réponse électrique à l'effort -ce que nous avons vérifié-. Elle semble donc souvent d'importance marginale, incapable de suppléer de façon satisfaisante les vaisseaux sténosés.

Quant aux corrélations topographiques enfin, l'extension fréquente des lésions les rend difficiles à établir.



Rappelons toutefois que nous avons trouvé le maximum des signes électriques en V_3 V_4 lors des atteintes isolées de l'interventriculaire antérieure, et en D_3 V_F et V_5 V_6 lorsqu'il s'y associe une sténose de la coronaire droite.

Nous concluerons cette discussion par une citation de Most et Gorlin :

" La coronarographie seule n'a pas de signification pronostique rigoureuse, et l'ECG d'effort, apportant une indication sur la signification hémodynamique des lésions, apporte une autre dimension à notre compréhension de la maladie."

=====

CONCLUSIONS

===

A propos de 51 observations, nous avons étudié les corrélations de l'angiographie coronaire obtenue par aortographie globale, et de l'ECG d'effort réalisé sur bicyclette ergométrique.

Les renseignements de ces deux examens concordent dans 68% des cas, qui comprennent :

- a) 13 coronarographies normales avec ECG d'effort négatif.
- b) 22 coronarographies montrant des sténoses de degré et de diffusion variable avec ECG d'effort positif.

Il existe par contre des discordances :

- a) dans dix observations à coronarographie normale où le test d'effort fut positif, paradoxalement positif.
- b) Dans 6 observations de coronaires sténosées s'accompagnant de tests d'effort négatifs, paradoxalement négatifs.

Pour les tests paradoxalement positifs, il s'agissait :

- a) dans la moitié des cas, d'obstacle à l'éjection ventriculaire gauche : Rétrecissement aortique ou cardiomyopathie obstructive, entraînant une insuffisance coronaire fonctionnelle, muette à l'angiographie.
- b) de deux cas de coronaires "grêles" dont aucun autre élément ne permet d'apprécier le caractère

pathologique.

c) de trois cas enfin, qui ne reçurent pas d'explication.

Pour les tests paradoxalement négatifs, on ne peut que remarquer qu'il s'agissait 5 fois sur 6, de sténoses :

- ou monotronculaires
- ou inférieures à 50%

Les résultats discordants, mises à part les insuffisances coronaires fonctionnelles, représentent 21% des cas de cette étude.

De bonnes corrélations d'ordre qualitatif ont également été mises en évidence entre, d'une part le degré et la diffusion des sténoses coronaires, et d'autre part les données suivantes du test d'effort :

- 1) Importance de la réduction de la réserve coronaire, représentant le tiers au moins dans les atteintes majeures bi et tritronculaires.
- 2) Amplitude du sous décalage ischémique du segment ST, supérieure à 2mm dans les mêmes atteintes.
- 3) Présence et importance d'un sus-décalage de ST, indice le plus souvent d'une sténoses totale.
- 4) Nombre de dérivations où sont relevés sur l'ECG d'effort, les critères de positivités.

Dans les insuffisances coronaires liées à un obstacle à l'éjection ventriculaire gauche, l'ECG d'effort est incapable de faire prévoir le caractère fonctionnel du désordre circulatoire, que seule peut affirmer la coronarographie. Mais il permet peut-être d'en mesurer l'importance.

Des corrélations topographiques semblent exister; bien que leur appréciation soit souvent difficile du fait de la fréquente extension des lésions.

Les signes électriques en cas d'atteinte isolée de l'interventriculaire antérieure, nous ont paru s'observer avec un maximum de fréquences dans les dérivations dites antéro-septo-apicales. Il vient souvent s'y ajouter des signes dans les dérivations postérieures, en cas d'atteinte associée de la coronaire droite.

Dans cette étude, comme pour la plupart des auteurs, la présence ou l'absence de circulation collatérale, quelque soit son type - homo ou centrolatéral - semble ne rien modifier.

Au total, l'ensemble de ces résultats permet d'affirmer, qu'à travers un ECG d'effort, bien fait, on peut souvent prévoir dans une certaine mesure l'état du réseau coronarien.

ECG d'effort et coronarographie apparaissent ainsi comme deux méthodes complémentaires explorant deux aspects, l'un statique, l'autre dynamique, d'une circulation complexe : la circulation coronaire.

Vu et permis d'imprimer

Le Doyen :
P. CASTAIGNE

Le Président de la thèse :
J. FACQUET

Le Recteur :
R. MALLET

BIBLIOGRAPHIE

====

ABRAMS H-L, ADAMS D F.

The coronary artériogram.

Néw . Eng. J Med. 281. 1276-1285 et 1336-1342 - 1969

BELLET S, ROMAN L R , NICHOLS G J, MULLER OF.

Detection of coronary prone subjects in a normal population by radioelectrocardiographic exercise test, follow-up studies.

Am J. of card. 19. 783. 787. - 1967

BLUMCHEN (Von) G, KIEFER H, ROSKAMM H, WALDMANN D, BUCHNER Ch, REINDELL H.

Veiglech der koronaragiographischen Befunde von 127 Patienten mit anamnese, risikofaktoren für koronare Herzerkrankung, Ruhe-und Belastungs-Ekg. Zeitschrift für Kreislanfforschung. 58 - 2 149-167 1968

CAMPEAU L.

Myocardial infarction with normal selective coronary arteriograms.

Amer. Heart. J. 79. 139-141. 1970

COHEN L S, ELIOTT W C , KLEIN, GORLIN R.

Coronary heart disease : clinical, cinéartenographie and metabolic correlations

Amer J. Cardiol. 17. 152. 1966.

DEMANY M.A., TAMBE A, ZIMMERMAN H.A.

Correlation between coronary arteriography and the
postexercise E lectrocardiogram.

The Amer. J. Card. 19 - 526 - 530 - 1967

ECOIFFIER J., KAUFMANN H, STEPLER R, SALAMAGNE JC,
BONNEMAZOU A.

Artériographie coronaire

Coeur et Med. Int. 7. 395-410 - 1968

ELIOT R.S., BRATT G.T.

The paradox of myocardial ischemia and necrosis in
young women with normal coronary arteriograms.

Relationship to anomalous hemoglobin-oxygen disso-
ciation.

Amer J. Card. 21. 98. 1968

FACQUET J., ECOIFFIER J, VACHON JM., LUXERAU Ph, ROCHE P,
FACQUET D, GROSGOGEAT Y, NIVET M.

Notre expérience de la coronarographie. A propos de
81 examens.

Ann. Méd. Int. 121. 787. 795. 1970.

FRIEDBERG C K, JAFFE H L, PORDY L, CHESKEY K.

The two-step exercise electrocardiogram. A double-
blind evaluation of its use in the diagnosis of
angina pectoris.

Circulation 26. 1254 1962

FRIEDBERG C. K.

Diseases of the heart

Third Edition. 736 - 740. 1966.

HULTGREN H, CALCIANO A, PLATT F.

A clinical evaluation of coronary arteriography

Amer. J. Med 42. 228 - 247. 1968

KASPARIAN H, LEHMAN J.S.

Coronary arteriography in myocardial ischemia.

Radiol. Clin. N. Amer. 5. 453 - 466. 1967

KATTUS A.A., MAC ALPIN R., LONGMIRE W.P.

Coronary angiograms and the exercise electrocardiogram in the study of angina Pectoris

Amer J of Med 34. 19 - 41. 1963

LACHMAN A.B., SEMLER HJ, GUSTAVSON RH.

Postural ST - T changes in the radio-electrocardiogram, simulating myocardial ischemia.

Circulation 31 - 557. 1965.

LAVAURS G. RIJTANO F.

La cineangiographie sélective des artères coronaires

Expansion scientifique française 1968

LIKOFF W., KASPARIAN H., SEGAL B.L.

Clinical correlations of coronary arteriography.

Amer J. Cardiol 16. 159 - 164. 1965.

LIKOFF W., KASPARIAN H., SEGAL B.L., FORMAN H., NOVACK P.
Correlation with Electrocardiographic response to
Measured exercise.
Am. J. Gard. 18. 160 - 163. 1966.

LIKOFF W., SEGAL B.L., KASPARIAN H.
Paradox of normal selective coronary arteriograms,
in patients considered to have unmistakable coronary
heart disease.
New. Eng. J. Med. 276. 1063 - 1066. 1967.

MASON R.E., LIKAR I., BIERN R.O., ROSS R.S.
Multiple-Lead exercise electrocardiography. Experience
in 107 normal subjects and 67 patients with angina
pectoris, and Comparison with coronary cine
arteriography in 84 Patients.
Circulation 36. 517 - 525. 1967.

MASTER -A.M., ROSENFELD I.
Criteria for the clinical application of the "two step"
exercise test : obviation of false negative and
false positive responses.
JAMA. 178 - 283. 1961.

MATTINGLY T.W.
The postexercise electrocardiogram ; its value in the
diagnosis and prognosis of coronary arterial disease
Am. J. Cardiol 1962. 3. 395.

MOST A.S., KEMP H.G., GORLIN R.

Postexercise electrocardiography in patients with
arteriographically documented coronary artery
disease

Ann. Int. Med. 71. 1043 - 1049 1969.

NEILL W.A., KASSEBAUM D.G., JUDKINS M.P.

Myocardial hypoxia as the basis for angina pectoris
in a patient with normal coronary arteriograms.

New. Engl. J. Med. 279. 789 - 792. 1968.

NORDENSTROM B.

Contrast examination of the cardiovascular system
during increased intrabronchial pressure

Acta radiologica suppl 200.1 1960.

PAULIN S.

Coronaroangiography : a technical anatomic and
clinical study.

Acta. Radiol. Suppl 233. 5 215 1964.

PROUDFIT W.L., SHIREY E.K., SORRES F.M. Jr.

Selective cinecoronary arteriography : correlation with
clinical findings in 1000 patients.

Circulation 33. 901 - 910. 1966.

PROUDFIT W.L., SHIRLEY E.K., SHELDON W.C.

Certain clinical characteristics correlated with
extent of obstructive lesions, demonstrated by
selective cinecoronary arteriography.

Circulation 38. 947 - 954. 1968.

ROBB G.P., MARKS H.H.

Latent coronary artery disease : determination of its presence and severity by the exercise electrocardiogram.

Amer. J. Card. 5. 603. 1964.

ROMAN L., BELLET S.

Significance of the QX/QT ratio and the QT ratio (QTc) in the exercise electrocardiogram.

Circulation 32. 435. 1965.

SOLVAY H., DENOLIN H.

L'électrocardiogramme d'effort - Technique et interprétation.

SOLVAY H.

Electrocardiographie dynamique et réserve coronaire.

